MÉMOIRES

PRÉSENTÉS PAR DIVERS SAVANTS

A L'ACADÉMIE DES SCIENCES

DE L'INSTITUT NATIONAL DE FRANCE

E. 804. D. 24.

MÉMOIRES

PRÉSENTÉS PAR DIVERS SAVANTS

A L'ACADÉMIE DES SCIENCES

DE L'INSTITUT NATIONAL DE FRANCE

ET IMPRIMÉS PAR SON ORDRE

SCIENCES MATHÉMATIQUES ET PHYSIQUES

TOME ONZIÈME

PARIS

IMPRIMERIE NATIONALE

M DCCC LI

TABLE

DES MÉMOIRES CONTENUS DANS LE ONZIÈME VOLUME DES SAVANTS ÉTRANGERS.

Pages.

FRAGMENTS sur les organes génito-urinaires des reptiles et leurs produits; par M. G. L. DUVERNOY. 1

MÉMOIRE sur la représentation géométrique des fonctions elliptiques et ultra-elliptiques; par M. J. A. SERRET. 103

MÉMOIRE sur les arts insalubres, remis à l'Académie des sciences le 9 août 1841; par M. H. DE RUOLZ. 161

RECHERCHES anatomiques et physiologiques sur les Diptères, accompagnées de considérations relatives à l'histoire naturelle de ces insectes; par M. Léon DUFOUR. 171

MÉMOIRE sur les fonctions de deux variables et à quatre périodes, qui sont les inverses des intégrales ultra-elliptiques de la première classe; par M. George ROSENHAIN. 361

RECHERCHES anatomiques et physiologiques sur le développement du fœtus, et en particulier sur l'évolution embryonnaire des oiseaux et des batraciens; par MM. A. BAUDRIMONT et G. J. MARTIN SAINT-ANGE. 469

RECHERCHES expérimentales sur les fonctions du nerf spinal, ou accessoire de Willis; par M. Claude BERNARD. 693

MÉMOIRE sur les ammoniaques composées; par M. Adolphe WÜRTZ. 777

MÉMOIRES

PRÉSENTÉS PAR DIVERS SAVANTS

A L'ACADÉMIE NATIONALE DES SCIENCES

DE L'INSTITUT DE FRANCE.

FRAGMENTS

SUR

LES ORGANES GÉNITO-URINAIRES DES REPTILES

ET LEURS PRODUITS;

PAR G. L. DUVERNOY,

CORRESPONDANT.

(LUS À L'ACADÉMIE DES SCIENCES, DANS SES SÉANCES DES 30 JUILLET, 23 SEPTEMBRE ET 11 NOVEMBRE 1844.)

PREMIER FRAGMENT.

DES PIERRES VÉSICALES DES TORTUES MOLLES, ET PLUS PARTICULIÈREMENT DE L'ESPÈCE DÉSIGNÉE PAR M. LESUEUR SOUS LE NOM DE *TRIONIX SPINIFERUS*.

L'urine des Chéloniens est un liquide limpide, très-aqueux, peu coloré. Plusieurs analyses faites, en premier lieu, par Vauquelin, ensuite par MM. Lassaigne et Boissel, J. Davy, Stoltze,

J. Müller et Magnus, signalent la présence de l'acide urique et même de l'urée dans ce liquide excrémentitiel, mais en petite quantité.

Quant aux concrétions urinaires des Chéloniens, elles ne sont encore décrites, que je sache, nulle part.

Seulement, Vicq-d'Azir ayant recueilli un dépôt urinaire dans une vessie de tortue, ce dépôt fut analysé par Vauquelin, qui y trouva du muriate de soude, du phosphate de chaux, une matière animale et de l'acide urique.

Mon ami Lesueur, qui a cherché dans les cinq parties du monde où il a séjourné, et saisi le plus qu'il a pu, avec son expérience éclairée, les occasions de recueillir les objets naturels propres à avancer la science, a découvert que l'espèce de *Trionix* de la rivière de Wabash, dans les États-Unis de l'Amérique septentrionale, qu'il a désignée sous le nom trivial de *spiniferus*, était sujette aux concrétions pierreuses de la vessie [1].

On sait que les espèces de ce genre sont carnassières et très-voraces; aussi a-t-on donné le nom spécifique de *ferox* à celle de la Caroline et des autres contrées chaudes de l'Amérique du Nord et de la Guyane.

M. Geoffroy Saint-Hilaire, qui a reconnu le premier et établi ce genre naturel avec l'espèce du Nil, appelée *Testudo triunguis* par Forster, raconte qu'elle dévore les petits crocodiles au moment où ils éclosent.

Deux des individus de *Trionix spiniferus* que M. Lesueur a eu l'occasion d'ouvrir avaient chacun une pierre vésicale.

La plus petite de ces pierres, que j'ai extraite moi-même de la vessie de l'un d'eux, qui était une femelle, avait une forme oblongue, $0^{m},017$ de long, $0^{m},011$ de large, et pesait $0^{gme},730$.

Sa surface est inégale, un peu raboteuse, par de légères saillies lamelleuses, et comme criblée de trous ou de pores.

[1] *Note sur deux espèces de tortues du genre* trionix *de M. Geoffroy Saint-Hilaire*, par M. Lesueur, *Mém. du Muséum*, t. XV, p. 257 et suiv.

Sa couleur est jaune; sa densité, comparée à l'eau, a été trouvée de 1,780 à la température de + 6° centigrades.

Cette dernière détermination est due à M. Lassaigne, qui a fait l'analyse de ce calcul au mois de février dernier.

Sciée dans le sens de sa longueur et de son axe, cette concrétion a montré dans son centre une petite lame nacrée, fragment évident d'une coquille.

Ce fragment, séparé de la matière sédimenteuse, qui a été soumise à l'analyse, était jaune verdâtre à l'une de ses faces et blanc nacré de l'autre.

« Examiné au microscope, à un grossissement de 150°, il a été facile d'y reconnaître une structure lamelleuse et cellulense. Une partie de cette lame, mise dans un verre de montre avec de l'eau acidulée par l'acide azotique, a produit une vive effervescence, en se dissolvant en partie et laissant une matière jaunâtre, transparente et molle, qui s'est ensuite carbonisée au feu, en répandant l'odeur des matières animales brûlées. La dissolution azotique s'est un peu troublée par l'ammoniaque; elle a fourni ensuite un précipité blanc, pulvérulent, assez abondant par l'oxalate d'ammoniaque. »

L'aspect de cette lame indiquait évidemment sa nature; ses réactions chimiques l'ont démontrée surabondamment.

C'est un fragment de coquille ayant servi de noyau au calcul vésical.

1° Une portion de celui-ci chauffée à la flamme du chalumeau, dans une cuiller de platine, noircit en répandant l'odeur ammoniacale des matières animales brûlées, et, lorsqu'on l'expose ensuite à la flamme oxydante, elle blanchit sans changer de volume et sans éprouver ni ramollissement ni fusion.

2° L'acide azotique, étendu de son volume d'eau, dissout facilement à froid la substance de ce calcul, en produisant une légère effervescence; une portion de cette dissolution, évaporée à siccité, laisse un résidu blanc jaunâtre, qui ne prend à aucune époque de l'évaporation de couleur rouge pourpre.

L'acide sulfurique, en agissant sur une partie de ce calcul, le transforme en un magma blanc, qui se dissout ensuite dans une suffisante quantité d'eau froide. L'ammoniaque ajoutée à cette dissolution y détermine un précipité blanc gélatineux de phosphate de chaux; la liqueur qui surnage, filtrée, se trouble ensuite légèrement par l'oxalate d'ammoniaque.

3° La solution de potasse caustique est sans action sur la substance de ce calcul, ce qui dénote que l'acide urique n'entre pas dans sa composition, et confirme la même conclusion qu'on pouvait tirer de la non-coloration en rouge de la dissolution azotique par son évaporation à siccité.

Les essais précédents ayant démontré que ce calcul était formé principalement de phosphate de chaux, uni à une petite quantité de carbonate de chaux et à une matière organique, on est parvenu, par les moyens ordinaires, à faire l'analyse quantitative de ces substances. Voici le résultat de cette analyse :

100 parties de cette concrétion ont donné :

1° Phosphate de chaux	64,70
2° Carbonate de chaux	15,10
3° Matières organiques et eau	20,20
TOTAL	100,00

M. Lassaigne a complété cette analyse en recherchant dans quel rapport la chaux et l'acide phosphorique se trouvent dans le phosphate de chaux ou le degré de saturation de ce sel.

Après avoir dissous une certaine quantité de phosphate sec dans de l'eau acidulée, par la plus petite proportion d'acide chlorhydrique il a précipité la chaux par l'oxalate d'ammoniaque.

L'oxalate de chaux qui s'est formé par cette réaction, recueilli, calciné et transformé en sulfate de chaux anhydre, a montré la proportion exacte de chaux que saturait l'acide phosphorique.

Il résulte de cette expérience que, sur 100 parties de phosphate, il y a :

Acide phosphorique	53,87
Chaux	46,13
TOTAL	100,00

Le phosphate calcaire de ce calcul diffère donc essentiellement du sous-phosphate de chaux, qui existe dans le tissu osseux, et se rapproche de beaucoup du phosphate de chaux neutre, tel que Berzélius en a établi la composition.

Le second de ces calculs est plus considérable.

Il pesait 16^{gr},950.

Sa forme est ronde, un peu aplatie; sa couleur, d'un blanc jaunâtre à l'extérieur; il est blanc à l'intérieur. On distingue dans son agrégation des couches concentriques, peu adhérentes entre elles, très-friables; les plus extérieures ont montré quelques débris de coquilles.

Sa densité, suivant M. Lassaigne, qui en a fait également l'analyse au mois de mai dernier, est de 1,875.

Sa composition chimique s'est trouvée très-analogue à celle du premier calcul.

Cent parties ont fourni :

Phosphate de chaux	56,19
Carbonate de chaux	3,04
Carbonate de magnésie	1,10
Quartz en grains transparents	4,76
Sels et matières organiques solubles	1,91
Matière organique insoluble dans l'eau	13,00
Eau	20,00
TOTAL	100,00

Deux circonstances sont à remarquer dans les analyses et dans la composition physique de ces calculs. La première est l'absence de l'acide urique, qui fait partie cependant des urines de Chéloniens, à la vérité dans de faibles proportions, ainsi que nous l'avons déjà dit, d'après les analyses de Vauquelin [1], de MM. Lassaigne et Boissel [2], de M. J. Davy [3] et de M. Stoltze.

[1] *Journal de pharmacie*, t. VI, p. 381. — [2] *Transact. philos.* pour 1818, p. 303. — [3] *Archives d'anatom. et de physiol.* de F. Meckel pour 1820, p. 349.

MM. Lassaigne et Boissel indiquent même de l'urée, avec l'acide urique, dans l'urine de Tortue des Indes, qu'ils ont analysée. Ils y ont même découvert différents sels à base d'ammoniaque, de soude, de potasse et de chaux. M. Stoltze a trouvé dans l'urine d'Émyde d'Europe 3,30 grains de phosphate de chaux, 1,15 grains de mucus animal mêlé avec de l'acide phosphorique, de l'hydrochlorate de soude, de la potasse et de la chaux, tandis qu'il n'y avait que 0,55 grains d'acide urique.

La seconde circonstance concerne la composition physique de ces calculs : je veux parler des corps étrangers, des très-petits fragments de coquilles et des grains transparents de quartz que renfermaient les couches superficielles du plus grand, et du fragment, assez considérable, ayant formé le noyau du plus petit.

Comment ces corps étrangers ont-ils pu pénétrer dans la vessie et quelle voie ont-ils dû suivre à cet effet ? La réponse à ces questions est tout anatomique et physiologique.

La présence de ces corps étrangers pourrait servir à soutenir l'opinion que certaines tortues d'eau (les Émydes, par exemple) absorbent l'eau par l'anus, et que cette eau passe dans la vessie, qui pourrait être considérée comme un organe de respiration accessoire, n'ayant pas entièrement perdu cette partie essentielle des fonctions de l'allantoïde, ou de ce poumon-vessie du fœtus [1], dont elle est la suite permanente.

On comprendrait facilement comment ces courants d'eau, de l'extérieur à l'intérieur, entraîneraient et introduiraient dans la vessie des fragments de coquilles, ou d'autres corps, qui s'y mêleraient aux concrétions calculeuses, et y deviendraient même leur noyau.

Ces courants sont probablement plus actifs chez les Émydes, qui ont des vessies lombaires ou accessoires, indiquées par Perrault, figurées par Bojanus, sur lesquelles M. Lesueur a particulièrement fixé l'attention de l'Académie, dans sa séance du 7 octobre

[1] Suivant les observations de Towson, confirmées par M. Duméril, les tortues d'eau douce absorbent et rejettent des courants d'eau par le vestibule génito-excrémentitiel. (*Espétologie générale*, par MM. Duméril et Bibron, t. I, p. 193 et 412.)

1839 (voir les Comptes rendus, t. IX, p. 416 et suiv.), et que j'ai décrites en détail dans la nouvelle édition des Leçons d'anatomie comparée (t. VII, p. 598 et suiv.).

Mais ces vessies manquent, ainsi que l'a remarqué M. Lesueur chez les Trionix, qui vivent cependant au fond des eaux douces.

Pour concevoir le mécanisme de l'introduction de ces corps étrangers dans la vessie de ces animaux, il faut donc étudier les rapports de l'orifice de ce réservoir de l'urine dans le cloaque, et l'organisation du vestibule génito-excrémentitiel.

Dans l'exemplaire femelle dont j'ai extrait le petit calcul, ce vestibule est un boyau cylindrique, à parois musculeuses et élastiques, dont la structure mérite d'être décrite particulièrement.

La muqueuse est marbrée d'un pigment noir dans toute la partie du cloaque qui renferme le clitoris, et un peu au delà. Plus en dehors, elle devient blanche.

Cette membrane forme des plis longitudinaux nombreux, serrés les uns près des autres, plissés eux-mêmes en travers et en zigzag, dont les angles saillants entrent dans les angles rentrants du pli voisin.

Cette muqueuse est doublée par un tissu cellulo-élastique assez épais, dont l'organisation, observée au microscope à un grossissement de 250 diamètres, est très-remarquable.

Il se compose de filets très-flexueux, très-contournés, qui ne se divisent pas en rameaux, qui se réuniraient pour former une sorte de réseau, comme les filets des tissus élastiques ordinaires, mais qui forment comme un feutre, soit entre eux, soit avec les filets beaucoup plus fins du tissu cellulaire.

Cette organisation du tissu élastique, pour le dire en passant, est très-différente de celle que j'ai découverte dans la poche sous-mandibulaire du pélican. Ici ce tissu se compose de cordons principaux dirigés dans le même sens, desquels se détachent des filets plus petits, qui se réunissent aux filets des cordons principaux les plus rapprochés.

Ce dernier type, très-analogue à ceux que M. Mandl a fait

connaître dans son Anatomie microscopique, en est cependant une modification [1], qui aurait pu servir à compléter cet exposé des tissus élastiques que la science a mentionnés.

La longueur de ce boyau est encore de $0^{m},110$, quoiqu'il soit tronqué du côté de l'anus.

Les orifices des oviductes se voient de chaque côté, un peu plus en arrière que celui du rectum.

Ils sont bordés par un prolongement de la muqueuse et de la cellulo-vasculaire qui la double, lequel prolongement est singulièrement plissé autour de chaque orifice, afin de le préserver de l'entrée des substances excrémentitielles qui passent par le cloaque.

L'orifice du rectum est aussi bordé d'un prolongement de la muqueuse et de la celluleuse, formant dans le cloaque une saillie circulaire, plissée en manchette.

Cette disposition doit empêcher de même le reflux des matières fécales du cloaque dans le rectum.

Rien de semblable n'existe autour de l'orifice du col de la vessie, qui est percé au-dessous de celui du rectum; mais, un peu plus en avant, cet orifice donne immédiatement dans un sillon qui se prolonge sur toute l'étendue de la face dorsale ou supérieure du clitoris, dont la longueur excède $0^{m},060$. Il y est divisé en deux par une cannelure médiane, et chacun de ces sillons latéraux finit par se bifurquer à la surface du gland, et ils continuent leurs branches dans deux appendices du gland.

Cette disposition de l'issue de la vessie dans le cloaque fait comprendre que des débris de coquilles qui arriveraient dans le vestibule génito-excrémentitiel par le rectum, avec les excréments, ou qui y pénétreraient du dehors avec l'eau, que l'on suppose pouvoir être pompée par ce vestibule, pourraient, dans des cas rares, être refoulés dans la vessie par les contractions des parois de ce vestibule.

L'absorption de l'eau extérieure par le cloaque est admise par

[1] Première série, II^e^ livraison.

plusieurs naturalistes, d'après une expérience de Thomson, qui a vu une Émyde, qu'il avait placée dans une eau colorée, rendre de cette eau, par l'anus, en quantité notable, et d'après les observateurs, qui ont vu les tortues d'eau rejeter ce liquide par l'anus.

M. Duméril compare ce flux et reflux de l'eau dans le cloaque de certaines tortues à ce qui a lieu chez les larves de libellules [1], pour la respiration, dont les premiers organes sont dans le rectum de ces Insectes.

Les Holothuries présentent un mécanisme analogue, également pour la respiration.

Il serait donc possible que les corps étrangers que nous avons signalés dans ces calculs eussent pénétré dans le cloaque et de là dans la vessie urinaire, avec l'eau du dehors. On pourrait aussi supposer qu'ils ont été déposés avec les fèces alimentaires dans le vestibule génito-excrémentitiel et refoulés dans la vessie.

Dans cette première partie de mes fragments, je n'ai été, pour ainsi dire, que simple historien. C'est à M. Lesueur qu'est due la découverte des calculs urinaires des *Trionix*, et à M. Lassaigne leur analyse chimique, dont je viens de faire connaître les résultats; mais cette connaissance se lie naturellement à ce que je vais dire sur les urolithes des Reptiles.

DEUXIÈME FRAGMENT.

SUR L'EXISTENCE DES UROLITHES FOSSILES ET SUR L'UTILITÉ QUE LA SCIENCE DES FOSSILES ORGANIQUES POURRA TIRER DE LEUR DISTINCTION D'AVEC LES COPROLITHES, POUR LA DÉTERMINATION DES RESTES FOSSILES DE SAURIENS ET D'OPHIDIENS.

Je ne veux pas parler, dans ce second fragment, des conséquences qu'il est possible de tirer des faits énoncés dans le premier, c'est-à-dire de l'*existence* possible des *pierres vésicales fos-*

[1] *Erpétologie générale*, par MM. Duméril et Bibron, t. I, p. 412.

siles des Chéloniens, et du moyen qu'on aurait de les reconnaître, malgré l'absence de l'acide urique; moyen fourni par l'analyse de M. Lassaigne, celui de l'état neutre du phosphate de chaux qu'ils renferment, et qui diffère en cela de celui des os.

Mais je me propose de démontrer l'existence des fèces urinaires de certains Reptiles parmi les restes fossiles, et que ces fèces ont été confondues mal à propos avec les fèces alimentaires, qui sont, à la vérité, beaucoup plus nombreuses.

L'urine des Sauriens et des Ophidiens est une pâte ductile, bien différente de ce liquide limpide, très-peu coloré, qui constitue l'urine des Chéloniens et des Batraciens anoures. Cette pâte se durcit promptement à l'air, et prend la consistance de la craie.

Cette singulière urine devrait produire souvent des pierres vésicales chez ceux des reptiles sauriens qui ont une vessie, ou des concrétions obstruant les uretères chez les Ophidiens proprement dits, qui sont tous privés du réservoir de l'urine. Cependant, il n'en est rien; jusqu'à présent, on n'a pas découvert, que je sache, de concrétions urinaires chez ces animaux.

Mais l'étude de la forme et de la consistance que prend cette pâte ductile en sortant du cloaque, et la possibilité de la conservation de ces fèces urinaires parmi les restes fossiles, tout aussi bien que les fèces alimentaires, m'a paru devoir attirer l'attention des géologues.

M. Dufrénoy, dans le rapport qu'il a lu à l'Académie le 29 mai 1843, sur deux mémoires de géologie de M. le docteur Robert, s'exprime ainsi :

« La présence de ces corps singuliers (les coprolithes) parmi les fossiles est une des découvertes les plus remarquables de M. Buckland. »

Le but de cette note est de faire comprendre que, si les conséquences géologiques qu'on a tirées de cette découverte, relativement aux terrains de sédiment, semblent incontestables; il était nécessaire de la compléter sous le rapport zoologique, afin d'arriver à une connaissance plus précise des animaux auxquels

ces fèces ont appartenu, et qu'il fallait, pour cela, que l'anatomie et la physiologie vinssent au secours de la géologie.

Dès le mois de décembre 1834 et le mois de janvier 1835, j'ai fait deux communications à la société d'histoire naturelle de Strasbourg, dans lesquelles j'ai manifesté l'opinion que, selon toute apparence, on avait confondu avec les coprolithes ou les fèces alimentaires, des urolithes ou des fèces urinaires, et que la manière dont on avait expliqué la forme spirée de quelques-uns des premiers, et les conséquences qu'on en avait tirées pour déterminer la forme de l'intestin des animaux qui les avaient rendus, ne me paraissaient pas rigoureusement déduites, sous le double rapport anatomique et physiologique.

Voici comment je suis parvenu à cette manière de voir sur l'existence des urolithes, qui n'était alors pour moi qu'une simple présomption, et qui est devenue une certitude depuis la découverte de M. Robert et le rapport de M. Dufrénoy, dans lequel l'honorable rapporteur annonce l'existence d'une quantité notable d'acide urique dans ces prétendus coprolithes.

En décembre 1834, j'avais, depuis cinq mois, un caméléon dont j'observais avec soin les allures.

Il vivait perché sur un petit myrte planté dans un pot de terre que j'avais la facilité de placer dans les parties de mon cabinet les plus convenables pour mes observations.

Je remarquai entr'autres qu'il rendait les fèces alimentaires sous une forme cylindrique, de consistance variée, suivant la nature de ses aliments, dont elles renfermaient ordinairement quelques débris reconnaissables : c'étaient des pattes, des fragments d'ailes ou d'autres parties dures et cornées des insectes qui étaient devenus sa proie.

J'aperçus encore, outre ces fèces, des excréments d'un blanc jaunâtre, contournés en spirale comme une coquille de petit buccin, ayant la consistance de la craie, que je ne tardai pas à reconnaître pour l'urine de cet animal, qu'il rendait séparément de ses fèces alimentaires.

La comparaison que j'eus l'occasion de faire de ces concrétions, avec celles qui se vendent chez les droguistes sous le nom d'excréments de boa, et qui sont presque entièrement composées d'acide urique, me confirma dans cette opinion.

Enfin, l'analyse que M. Persoz, professeur à la faculté des sciences de Strasbourg et mon collègue à cette époque, voulut bien faire, à ma demande, de ces excréments blancs du caméléon, me fixa définitivement dans ma première détermination. Il les trouva composés d'une très-grande proportion d'acide urique, avec une faible quantité de phosphate et de carbonate de chaux.

Je compris en même temps la cause de la forme contournée en spirale que prend cet excrément à l'instant même de son expulsion.

Il n'était plus possible, au moins dans cette circonstance, d'en attribuer la cause à l'existence d'une valvule spirale de l'intestin.

L'anus extérieur, chez ce caméléon, ou l'orifice commun des excréments et des produits de la génération, est une fente transversale, comme chez tous les autres Sauriens proprements dits et chez les Ophidiens, tandis que chez les Crocodiliens cette fente est longitudinale.

Cette différence de forme et de direction, dont les zoologistes ont tiré parti dans leurs caractères distinctifs, est d'ailleurs en rapport organique nécessaire, ce qui n'a pas encore été remarqué, que je sache, avec l'existence de deux verges dans le premier cas, ou d'une seule verge dans le dernier.

C'est par chaque commissure latérale de cette fente transversale, que ces verges font saillie chez le mâle, ou s'introduisent dans le vestibule génito-excrémentitiel de la femelle. La disposition contraire, ou l'ouverture longitudinale de ce vestibule, ne donne jamais issue qu'à une seule verge, qui sort par la commissure antérieure de cette ouverture.

Des deux lèvres de cette issue, quand elle est transversale, la postérieure est la plus développée; elle forme une paroi résistante

verticale, opposée directement aux fèces moulées et expulsées par les contractions des parois du cloaque. La partie moyenne de cette lèvre est la plus large; la partie correspondante de l'orifice est la plus profonde; il devient de plus en plus superficiel à mesure qu'il se rapproche de chaque commissure latérale des deux lèvres.

Rien de plus facile, d'après ces considérations anatomiques, et celle de la nature de l'urine de caméléon, que de comprendre la forme contournée en spirale de ces fèces urinaires, tandis que les fèces alimentaires restent cylindriques.

Celles-ci ne sont pas ductiles, et l'emportent le plus souvent, par leur consistance, sur l'obstacle que leur présente la lèvre postérieure du cloaque. Elles conservent leur forme cylindrique, ou à peu près, qui est celle du dernier intestin, où elles ont été rassemblées, et celle du cloaque contracté, à travers lequel elles ont dû passer.

L'urine, au contraire, qui forme une pâte molle et ductile, après avoir été moulée en cylindre ou en cône par les parois contractées du cloaque, rencontre l'obstacle perpendiculaire de la lèvre postérieure, qui limite de ce côté l'orifice de ce réservoir; elle se contourne vers l'une ou l'autre commissure, en glissant de dedans en dehors sur la pente oblique qui la conduit, sans obstacle, dans cette direction.

C'est par ce simple mécanisme que cette singulière urine, qui durcit bientôt après sa sortie et prend la consistance de la craie, forme ces concrétions plus ou moins sensiblement turbinées.

Si l'on se rappelle, en premier lieu, que les reptiles sauriens et ophidiens sont les seuls animaux vertébrés qui rendent, séparément de leurs fèces alimentaires, une urine non liquide, mais sous forme d'une pâte épaisse et ductile; si l'on fait attention, en second lieu, que cette urine concrète montre des traces plus ou moins évidentes de cette forme turbinée chez tous les reptiles de ces deux ordres, dont l'orifice du cloaque est une fente transversale; on sera conduit à penser que les coprolithes

de forme spirée ou turbinée, sont probablement, ainsi que je l'ai présumé dès 1834, du moins en partie, des urolithes de Sauriens ou d'Ophidiens.

Cette présomption deviendra une certitude, lorsqu'à cette forme correspondra une composition chimique semblable, ou analogue à celle de l'urine des Reptiles ophidiens ou sauriens vivants.

Les coprolithes, découverts par M. Robert, contiennent, suivant le rapport de M. Dufrénoy, du phosphate et de l'urate de chaux en abondance. M. Robert lui-même les regarde comme presque entièrement composés d'urate de chaux [1].

Ceux qu'il a bien voulu me permettre d'examiner dans sa collection (et particulièrement un de ces fossiles qu'il m'a remis pour le faire analyser) sont composés d'une substance homogène assez serrée, de couleur jaune nankin sale intérieurement, et extérieurement, d'une couche brune de même substance, fendillée à sa surface.

Ce sont évidemment, d'après leur composition chimique, des urolithes ou des fèces urinaires, et non des fèces alimentaires.

La quantité d'acide urique qu'ils renferment en est une preuve indubitable.

Ces urolithes ne peuvent avoir appartenu qu'à des Sauriens ou à des Ophidiens.

Je vais plus loin dans ma détermination, et j'ajoute que ceux à forme non spirée ont été rendus par des Crocodiliens, tandis que ceux à forme spirée très-prononcée doivent provenir des Sauriens proprement dits, ou d'Ophidiens; les seuls des animaux vertébrés, nous le répétons, dont l'urine sorte du corps séparément des fèces alimentaires, et prenne, immédiatement après, cette consistance pierreuse qui la rend susceptible d'être conservée comme fossile. On voit à quel degré de précision l'observation de l'urine de caméléon et de sa forme m'a conduit pour la détermination des fèces fossiles.

[1] Voir les Recherches paléontologiques, etc. (Extrait du Bulletin de la société géologique de France, p. 3.)

Déjà Vauquelin avait fait connaître cette singulière urine chez les serpents, et Schreibers[1] chez les lézards et les seps; mais personne avant moi n'avait eu l'idée que sa consistance et sa nature la rendaient susceptible d'être conservée parmi les restes fossiles, et qu'une partie des coprolithes de forme spirée pourraient bien être plutôt des urolithes de Sauriens ou d'Ophidiens, dont l'anus ou l'issue du vestibule génito-excrémentitiel est une fente transversale susceptible d'imprimer cette forme turbinée aux matières ductiles qui le traversent, et dont il est en quelque sorte la filière.

J'espère que cette nouvelle note, fondée à présent sur des faits bien positifs d'analyse chimique, excitera l'attention et l'intérêt des géologues.

Sans doute la plupart des coprolithes, bien déterminés, sont réellement des fèces alimentaires. On peut en être certain quand, dans leur composition hétérogène, on trouve des restes de ces substances, tels que des os, des dents, des écailles de poissons, ainsi qu'on l'a annoncé, au commencement de cette année, pour un certain nombre des coprolithes de Passy, qui ne renferment d'ailleurs aucune trace d'acide urique[2].

Mais je pense que l'on peut affirmer, sans hypothèse[3] et avec certitude, que ceux dont la substance est homogène et contient une quantité notable d'acide urique, sont des urolithes de Sauriens ou d'Ophidiens.

Quant aux fèces alimentaires que l'on présume avoir été moulées dans un intestin à valvule spirale, cela pourrait être, si

[1] *Annales de physique* de L. W. Gilbert, t. XLIII, p. 83; Leipsig, 1813.

[2] Voir le journal *L'Institut*, n° 526, 24 janvier 1844, p. 36, 2e colonne. On annonce qu'ils sont composés de

Phosphate de chaux	0,6225
Carbonate de chaux	0,1250
Silice	0,0025
Matière animale fétide	0,2500

[3] Je réponds ici à la note 3, page 3, du mémoire cité de M. Robert.

cette valvule était dans le dernier intestin, où se rassemblent les fèces; mais l'exemple des Squales et des Raies, que l'on a cité à l'appui de cette explication, ne me paraît pas concluant, cette valvule étant dans l'intestin grêle et non dans celui où se rassemblent et se moulent, dans beaucoup de cas, les résidus plus ou moins solides de la digestion.

Aucun reptile connu ne m'a montré jusqu'à présent une valvule spirale dans son gros intestin, quoique j'aie décrit, dans un mémoire sur l'organisation des serpents, que j'ai eu l'honneur de communiquer à l'Académie en juillet 1832, et dans les Leçons d'anatomie comparée, de singulières anfractuosités qui compliquent irrégulièrement le canal du dernier intestin de plusieurs Ophidiens et de quelques Sauriens.

Je conçois cependant que, dans quelques cas, la forme spirée des coprolithes ait pu provenir de la ductilité des fèces alimentaires; mais cette ductilité ne peut plus être admise pour les coprolithes qui comprennent des débris osseux.

Il faudrait alors supposer un gros intestin pourvu d'une valvule spirale, dans lequel les fèces se rassemblent. Il faut encore supposer que ces fèces ont conservé la forme de leur moule après la décomposition de celui-ci.

Ces coprolithes proviendraient tous d'animaux morts subitement et décomposés, et non d'animaux qui les auraient rendus à l'état de vie.

Leur histoire se trouverait ainsi intimement liée à celle des animaux dont on a découvert les restes dans certaines grottes, et à la question de savoir s'ils y ont vécu, ou si leurs restes seulement ont été entraînés dans ces grottes avec le limon dans lequel ils sont enfouis [1].

[1] Après la lecture de ce second fragment, M. Roulin a bien voulu me faire part de l'observation suivante, qui se rapporte au même sujet :

« En descendant le Méta avec M. Rivero en 1824, j'ai aperçu dans les sables de ses rivages un assez grand nombre de corps blanchâtres, coniques, ayant des étranglements sensibles vers leur grosse extrémité. J'ai cru reconnaître ces corps pour être le produit des organes urinaires des caïmans, qui abondent dans ces eaux. Quelques-uns avaient jusqu'à un déci-

TROISIÈME FRAGMENT.

SUR L'APPAREIL DE LA GÉNÉRATION CHEZ LES MÂLES PLUS PARTICULIÈREMENT, ET CHEZ LES FEMELLES DES SALAMANDRES ET DES TRITONS.

PREMIÈRE PARTIE.

ORGANES PRÉPARATEURS DE LA SEMENCE, OU GLANDES SPERMAGÈNES DES SALAMANDRES ET DES TRITONS.

§ 1. FORME ET STRUCTURE INTIME DE CES ORGANES.

HISTORIQUE.

Il y a longtemps que les travaux de l'Académie des sciences ont eu pour sujet les Salamandres.

Ses Mémoires pour 1727 comprennent (pages 27-32) des observations et des expériences sur la Salamandre terrestre par de Maupertuis. Les premières constatent que cette espèce est vivipare et qu'elle porte à la fois de quarante-deux à cinquante-quatre petits. Les expériences ont eu pour objet, d'une part, de détruire le préjugé populaire que les Salamandres vivent dans le feu; elles tendent, d'autre part, à démontrer que ces animaux ne sont pas venimeux.

Deux années après de Maupertuis, en 1729, du Fay commu-

mètre de long et près de trois centimètres de plus grand diamètre. Leur consistance était assez forte pour que j'aie pu les emporter jusqu'à Bogota, au milieu de mes habits, sans la précaution de les envelopper et sans qu'ils se rompissent.

« Autant que je puis me le rappeler, ces corps ressemblaient pour la forme aux urolithes de Passy, découverts par M. Robert, et dont le rapport de M. Dufrénoy donne la composition chimique.

« Il ne manquait à ces morceaux d'urine de caïman du Méta, pour devenir des urolithes, que d'être enfouis dans un terrain conservateur comme celui de Passy. »

niquait à cette Académie des Observations physiques et anatomiques sur plusieurs espèces de Salamandres qui se trouvent aux environs de Paris.

Ces observations sont très-remarquables pour l'époque où elles ont été faites. On y trouve, entre autres, qu'il y a beaucoup de variétés dans les testicules des mâles. « Le plus souvent, dit cet auteur, il y en a deux de chaque côté, avec une petite glande plus blanche, presque transparente ; quelquefois on en trouve distinctement quatre, sans que l'on puisse expliquer ces différences par l'âge ou l'époque de l'année. »

Cette singulière anomalie parmi les animaux vertébrés, dont la glande spermagène est toujours simple, sauf qu'elle a un épididyme, ce premier pelotonnement extérieur de son canal excréteur, qui manque d'ailleurs chez les vertébrés inférieurs; cette singularité, dis-je, méritait d'être étudiée plus particulièrement.

C'est ce qu'a fait M. Rathke dans un travail étendu, publié à Dantzick en 1820, *Sur le développement des organes génitaux des Batraciens urodèles,* de M. Duméril.

Voici, à ce sujet, le résultat des observations multipliées de ce savant scrutateur de la nature, sur quatre espèces de Tritons[1] et sur la Salamandre commune, qu'il a étudiées aux différentes époques de leur développement et de leur vie jusqu'à celle de leur propagation. La glande spermagène est, dans le principe de sa formation, une annexe du corps jaune, ou de cette bandelette graisseuse qui est renfermée dans le même repli du péritoine.

Elle se montre comme un trait à côté du corps jaune : c'est d'abord une bande solide et plate, qui se développe ensuite de dedans en dehors et devient un cylindre creux.

A cette époque du développement, on ne peut distinguer la glande spermagène ou le testicule, de la glande ovigène ou de l'ovaire. Plus tard, celui-ci continue de se développer avec la même forme en boyau, tandis que ce testicule prend une forme

[1] Les Triton *tæniatus, igneus, palmatus, niger.*

plus compliquée. Les ovules ne tardent pas à se montrer dans les premiers comme des granulations rondes, transparentes.

Dans ces testicules, il se développe aussi des apparences de granulations, mais opaques et de couleur blanc de lait.

La forme des testicules n'est pas compliquée dans toutes les espèces. M. Rathke l'a trouvée simple, dans le Triton *tæniatus*, et de forme variable, rarement sphérique, plus souvent oblongue, ou bien ovale, ayant le gros bout en avant ou en arrière.

Chez le Triton *igneus*, la glande spermagène est divisée en deux parties distinctes.

M. Rathke en a trouvé trois, dans le Triton *niger*, rarement deux ou quatre, dont la forme varie.

La Salamandre commune en a toujours deux, bien distincts, que des étranglements ou de profonds sillons sous-divisent en plusieurs autres, lesquels se distinguent encore par des nuances différentes.

Ces parties sont d'ailleurs unies entre elles par leur membrane propre, qui se continue en forme de canal de l'une à l'autre.

Quant à la structure intime de ces glandes, elle se compose, suivant le même auteur, de corpuscules ou de grains glanduleux de forme et de volume différents, dont les uns sont sphériques, d'autres ovales, d'autres oblongs et en massue, disposés, dans ce dernier cas, dans le sens des rayons de la capsule, qu'ils remplissent par couches qui se succèdent de la circonférence au centre.

Il n'y a pas, dans l'intérieur des tubes, toujours suivant le même auteur, d'autres moyens plus intimes de communication, qui lieraient les différentes parties du testicule lorsque cet organe est divisé.

M. Rathke compare, avec raison, cette structure à celle que Swammerdam avait déjà signalée, depuis longtemps, dans les testicules des grenouilles.

Nous avions publié, en 1805, que la structure intime des testicules des Batraciens est différente de celle des autres Reptiles,

et qu'elle se compose d'une agglomération de petits grains blanchâtres, entrelacés de vaisseaux sanguins[1].

Sous ce rapport, les observations microscopiques de M. Rathke n'ont pas eu, il me semble, de résultat plus précis, sauf la circonstance de leurs différentes formes et de la couleur de ces granulations ou de ces grains (c'est aussi ce dernier terme, *kœrner*, qu'emploie l'auteur), qu'il a trouvée blanc de lait ou tirant sur le jaune, ou même de couleur citron. Il a de plus observé que ces grains sont disposés par masses de même couleur, dans les différentes parties du testicule, lorsque la coloration de ces parties n'est pas la même.

Il ne les a vus liés entre eux que par un tissu cellulaire muqueux, et il n'a pu découvrir, même avec de forts grossissements, des canaux de communication allant des uns aux autres. Il ajoute, cependant, que ceux qui touchent à la membrane propre du testicule adhèrent immédiatement à cette membrane, ou par l'intermédiaire d'un fin pédicule, suivant qu'ils ont une forme sphérique ou ovale.

Le canal excréteur de la glande ou le canal déférent s'avance bien au delà du testicule, suivant le même auteur, et reçoit, par les côtés, les canaux séminifères, dont il n'a pu reconnaître que deux, et dans un seul cas, malgré ses nombreuses recherches; il conservait même la crainte d'avoir peut-être pris des nerfs ou des vaisseaux pour ces canaux. Ce n'est que dans le Triton *tœniatus* qu'il indique une bandelette parallèle au testicule comme une sorte d'épididyme.

§ 2. MES PROPRES OBSERVATIONS SUR LES TRITONS.

J'ai étudié la forme et la structure intime de la glande spermagène proprement dite chez les Tritons *cristatus, alpestris*, Bechst., *punctatus* Laur. et dans les *Salamandra maculosa*, Laur. et *atra* Schreib.

Chez le Triton à crête, les glandes spermagènes se voient sous

[1] *Leçons d'anatomie comparée*, t. V, p. 26; Paris, 1805.

les reins et en avant de ces organes, dans un large repli du péritoine, auquel est encore suspendu le ruban graisseux jaune doré, dont l'existence paraît intimement liée à celle des organes préparateurs, mâle ou femelle, de la génération.

Chaque glande se compose de deux, trois et même quatre parties, non compris l'épididyme. Ces parties varient en apparence, suivant que l'époque du rut est plus ou moins avancée, ainsi que le développement des spermatozoïdes.

Dans un individu adulte, chez lequel ce développement n'était pas terminé et dont le testicule était divisé en trois parties, la première était gris de perle, rougeâtre, injectée de vaisseaux sanguins très-apparents [1].

Elle tenait par un ligament au dernier tiers du sac pulmonaire.

Cette liaison singulière, entre le testicule et le poumon, est générale, pour le dire en passant, dans toutes les espèces de cette famille que nous avons observées. Elle avait déjà été remarquée par du Fay; elle existe de même entre l'ovaire et l'organe de la respiration.

La seconde partie de ce testicule était oblongue, de couleur jaune clair, opaque.

Une troisième, la plus petite, était sphérique et opaline, comme la première; mais les vaisseaux sanguins n'y paraissaient pas injectés.

Son pédicule, qui l'unissait à la seconde partie, était un peu contourné en spirale.

Ayant recherché avec soin le contenu de ces trois parties, je n'ai trouvé de spermatozoïdes que dans la seconde; les deux autres ne renfermaient que des vésicules sphériques contenant des granules ou des spermatozoïdes en germe.

[1] C'est cette petite glande plus blanche, presque transparente, que du Fay avait distinguée, en 1727, chez les individus ayant, avec cette glande, deux testicules de chaque côté. MM. Prevôt et Dumas ont reconnu, en 1824, que cette partie gris de perle, semi-transparente, ne leur présentait jamais d'animalcules spermatiques, tandis qu'ils en trouvaient constamment dans la partie jaunâtre. Ils n'ont vu dans le testicule des tritons que ces deux parties intimement unies entre elles. (*Annales des sciences naturelles*, t. I, p. 281, et pl. XX, fig. 4.)

Ces divisions singulières d'un même organe, ainsi que leurs apparences différentes de couleur, et l'injection plus ou moins forte des vaisseaux sanguins de leur capsule, indiqueraient donc une sorte d'indépendance et de succession dans leur développement et dans celui de leur contenu; ce développement étant moins avancé dans les parties de couleur gris de perle, plus avancé dans celles de couleur blanc de lait.

J'en ai été convaincu, par l'examen de ces mêmes parties, chez des individus en plein rut, chez lesquels j'ai trouvé des spermatozoïdes dans ces trois parties, qui étaient toutes blanc de lait.

A travers les deux enveloppes du testicule, la péritonéale ou l'interne et la membrane propre restées transparentes, on distingue les petits sacs glanduleux qui composent uniformément la structure intime des différentes parties de cet organe, quel que soit leur degré de développement relatif.

Dans un individu de la même espèce, qui n'était pas en rut, le testicule n'était divisé qu'en deux parties.

Ces deux parties étaient remplies, comme à l'ordinaire, d'un grand nombre de petites poches glanduleuses, qui en renfermaient d'autres sphériques, contenant des granules.

Dans un autre individu de la même espèce, complétement en rut, le testicule droit était divisé en quatre parties et le gauche en trois seulement.

Ces trois parties étaient remplies de petites poches, la plupart sphériques, de $0^{mm},82$ de diamètre, renfermant chacune un assez grand nombre de pelotons de spermatozoïdes ou d'écheveaux de spermatozoïdes repliés sur eux-mêmes, comme s'ils étaient encore contenus dans leur capsule génératrice, mais sans que l'on puisse apercevoir les parois de cette capsule. Plusieurs de ces écheveaux étaient même déployés, sans doute, parce qu'aucun obstacle ne s'opposait plus à cette disposition progressive dans leur développement. Les quatre parties du testicule droit, observées de même avec soin, m'ont offert la structure intime suivante :

La première se composait de capsules glanduleuses sphériques

et oblongues. Ces capsules renfermaient des parties transparentes et d'autres opaques; les parties transparentes étaient des gouttes d'huile, les autres des paquets pelotonnés de spermatozoïdes. Ces paquets sont bien distincts les uns des autres, sans qu'on aperçoive les poches génératrices dans lesquelles ils se sont développés.

Dans la deuxième partie de ce même testicule, les capsules glanduleuses étaient oblongues, coniques ou cylindriques; elles renfermaient des paquets toujours pelotonnés, mais plus serrés, quoique très-distincts, d'innombrables spermatozoïdes.

Enfin, dans la troisième et la quatrième de ces parties, la plupart des capsules étaient sphériques et renfermaient de même des pelotons serrés de spermatozoïdes.

Dans un autre exemplaire, que nous avons fait représenter fig. 1 et 2, de la même espèce, qui était en plein rut, la glande était sous-divisée en six et même en sept portions; mais ces divisions n'étaient évidemment que des parties d'un même tout plus ou moins distinctes. Les étranglements qui les séparaient étaient un peu contournés ou tordus. Leur surface était comme chagrinée par les petites vésicules dont cet organe est composé.

Entre ces deux degrés de développement, l'un hors de l'époque du rut, qui n'a montré aucun spermatozoïde, et l'autre en plein rut, dans lequel toutes les parties du testicule en sont remplies, il faut placer le développement incomplet, dont j'ai déjà parlé en premier lieu, dans lequel une seule des trois parties du testicule avait des spermatozoïdes.

Dans un individu de Triton alpestre (*Triton alpestris*, Bechst.) qui était à l'époque du rut, le testicule avait un grand développement; il occupait plus du tiers ou près de la moitié de la longueur de la cavité thoraco-abdominale.

Sa forme était oblongue, irrégulière, plus épaisse en arrière, un peu aplatie et même enfoncée du côté interne, d'où se détachaient les veines, et par laquelle arrivaient les artères spermatiques.

C'est de ce côté que lui était annexé le corps graisseux, de cou-

leur jaune citron, de forme cylindrique, et qui le dépassait un peu en longueur.

Sa face supérieure était concave; elle répondait au canal déférent.

Toute cette surface montrait des capsules de forme assez irrégulière, arrondies cependant, qui renfermaient, vues à la loupe, des granulations[1].

J'ai étudié de même la structure intime des testicules, et d'abord leur forme générale et les différences qu'elle présente hors et durant l'époque du rut dans la Salamandre commune.

Dans un individu qui n'avait pas encore atteint l'âge adulte, j'ai trouvé chaque testicule séparé en deux parties : l'antérieure était la plus grande de forme cylindrique, se terminant en avant en une longue pointe; l'autre, beaucoup plus petite, de forme conique, avait sa base tout contre la première.

Le long du bord interne de cet organe régnait une bandelette de substance graisseuse qui s'avançait jusque près de l'extrémité de la partie effilée du testicule.

On apercevait de même, à travers la membrane péritonéale et la membrane propre de cette glande, les petits sacs glanduleux oblongs, ronds ou polygones, qui aboutissent à cette surface, où ils sont entourés d'un réseau vasculaire et contenus dans des cellules, rappelant, par leur arrangement et leur forme, celles d'une ruche d'abeilles. Dans un des individus que j'ai sous les yeux, le bord extérieur de ces cellules est garni d'un vaisseau sanguin veineux injecté, qui en suit les contours et les dessine admirablement. Les parois de ces cellules doivent être fournies par la membrane propre du testicule. Elles répondent au corps d'highmor des mammifères et servent de même à soutenir les vaisseaux séminifères afférents.

Dans un individu adulte, le testicule était plus grand. Les deux parties se joignaient de même, et la postérieure, toujours

[1] Voir planche I, figure 3.

la moins grande, était sous-divisée en trois. La bandelette graisseuse était à proportion plus petite.

Dans la Salamandre noire des Alpes, le testicule est long, cylindrique, tout d'une pièce et non divisé. On observe à travers ses enveloppes les vésicules glanduleuses qui composent sa structure intime.

On trouvera dans cette forme différente une confirmation de la distinction spécifique de cette espèce et de la commune.

M. de Schreibers avait déjà indiqué, comme caractère différentiel, entre ces deux espèces, le développement extraordinaire d'un seul fœtus, par oviducte, dans la Salamandre noire; il avait fait la singulière observation que ce fœtus unique n'atteignait son développement définitif, qu'après avoir fait périr et absorbé ou dévoré les autres œufs, ou les embryons de la même portée [1].

§ 3. CORPS GRAISSEUX.

Le même ligament large, qui comprend et fixe le testicule, s'étend au delà pour envelopper dans son bord libre un corps graisseux assez volumineux, dont nous avons dit que le testicule semblait un annexe, à l'époque de son développement.

Ce corps jaune, qui s'étend bien au delà du testicule à l'époque du rut, prend alors un volume considérable [2].

Sa forme varie d'ailleurs beaucoup, avec son volume, suivant les âges de la vie et les espèces.

Nous l'avons fait représenter dans le Triton à crête en rut (fig. 1), où il était très-considérable, et dans la Salamandre commune (fig. 15 et 17), où il était à proportion beaucoup plus petit, et formait une bande étroite et longue.

Ici, nous avons pu observer les vaisseaux sanguins veineux

[1] Voir l'Erpétologie générale de MM. Duméril et Bibron, t. VIII, p. 242; et les Fragments zoologiques sur les Batraciens, par M. J. Vander Hoeven, pl. I, fig. 5, 6, 7: *Mém. de la Société d'Hist. nat. de Strasbourg*, t. III.

[2] Voir la figure 1.

et leurs rapports avec ceux du testicule. Ils forment dans cette bande adipeuse un réseau analogue à celui qui se dessine à la surface de la glande, mais à mailles beaucoup plus nombreuses et beaucoup plus fines; et, ce qu'il y a de bien remarquable, les rameaux principaux de ces deux réseaux se réunissent dans des branches communes, de manière qu'il y a unité dans le système sanguin de l'un et l'autre organe.

Cette disposition fait comprendre la dépendance de ces deux organes; elle montre combien la matière huileuse a d'importance dans le développement et la nutrition des spermatozoïdes; importance qui est encore démontrée par la présence des gouttes d'huile dans la partie du testicule où ce développement est moins avancé. Elle rappelle le rôle que la même substance huileuse joue dans le développement des ovipares et pour la germination des plantes.

§ 4. DES CANAUX AFFÉRENTS SEMINIFÈRES; DE L'ÉPIDIDYME; DU CANAL DÉFÉRENT ET DE SA TERMINAISON DANS LE VESTIBULE GÉNITO-EXCRÉMENTITIEL.

La semence, avec son énorme proportion de spermatozoïdes, arrive dans le canal déférent par les canaux afférents séminifères, soit directement, soit par l'intermédiaire d'un canal pelotonné et compliqué ou multiple, dont l'ensemble forme comme un ruban parallèle au testicule : c'est l'épididyme. Les canaux séminifères ont sans doute leur origine dans les capsules primaires ou glanduleuses du testicule, qui renferment les capsules génératrices des spermatozoïdes; cependant, ce n'est encore qu'une présomption. Jusqu'à présent, nous n'avons pu découvrir ces canaux séminifères, qu'à leur sortie du testicule.

L'épididyme n'a pas encore été décrit dans les espèces de cette famille; M. Rathke n'a fait que l'indiquer, et dans le Triton *igneus* seulement, comme une bande parallèle au testicule : c'est la seule trace de son existence que j'aie trouvée dans les publications qui ont précédé la mienne.

Il n'atteint son plus grand développement dans le Triton à crête, ainsi que les testicules et les canaux déférents, qu'en plein rut.

On voit alors facilement les canaux séminifères partir de la face supérieure et du bord interne du testicule, et se diriger par paires ou isolément, au nombre de sept, huit, dix et plus, transversalement en dedans, à la rencontre de l'épididyme. Ils n'y arrivent pas même directement; mais ils aboutissent dans un canal commun, longitudinal et parallèle conséquemment à l'épididyme, duquel partent, du côté opposé, d'autres canaux également très-fins et très-courts, qui ne correspondent pas exactement aux premiers; ceux-ci se dirigent de même en travers, pour se perdre dans l'épididyme, dans lequel les deux extrémités du canal commun se terminent également en avant et en arrière.

L'épididyme est une chaînette composée de canaux spermatiques très-repliés et très-fins. Il règne parallèlement au testicule, au-dessus de lui, depuis les reins, en arrière, jusqu'au niveau de la partie la plus avancée de la glande spermagène, où il se change en canal déférent.

Je l'ai vu former un paquet considérable en arrière, puis un autre paquet plus grêle, en massue, dans sa partie la plus avancée, de laquelle se détachait un canal qui peut être considéré comme l'origine du canal déférent (pl. 1, fig. 1 *e*).

Le canal excréteur de la glande spermagène, ainsi constitué définitivement, se porte encore plus en avant et se courbe en anse, après un court trajet, pour prendre la direction contraire. Il chemine ainsi d'avant en arrière, parallèlement à l'épididyme, et se distingue par son grand diamètre, sa couleur d'un blanc opaque, et par les replis nombreux, pressés les uns vers les autres, qu'il forme dans la première partie de sa longueur, après lesquels il n'est plus que sinueux, et finit par être très-peu replié dans la dernière partie qui longe le rein (pl. 1, fig. 1 *d d*).

Il reçoit plusieurs canaux séminifères séparés, qui viennent directement de cette dernière partie, et se réunissent successivement au déférent, à des intervalles assez longs.

Dans le Triton alpestre, c'est aussi à la face interne et supérieure de la glande spermagène, que se détachent les canaux afférents séminifères.

Ils se réunissent successivement, au nombre de six, à un canal commun, qui sert d'intermédiaire entre ces afférents et ceux qu'il produit, pour porter la semence dans les différentes portions de l'épididyme (pl. 1, fig. 3 *s-c*).

Ce corps est aussi très-distinct et très-reconnaissable par sa couleur blanchâtre et par sa position parallèle au déférent, et faisant suite à l'extrémité étroite et antérieure du rein. Il se compose de trois portions, dont la troisième, ou la plus antérieure, est à la fois la plus longue et la plus épaisse. Elle reçoit, dès son origine, l'extrémité du canal commun. Celui-ci envoie un séminifère à la portion moyenne, et l'autre extrémité du canal commun se rend près de l'extrémité postérieure de la première portion, celle qui touche au rein. L'épididyme se continue dans un canal en forme de ruban qui s'avance un peu, se coude immédiatement après ce court trajet en formant deux sinuosités, et peut être considéré comme l'origine du déférent. Celui-ci prend immédiatement une forme cylindrique, un grand diamètre, montre de nombreux replis et plusieurs anses, surtout dans sa première moitié. Le sperme, dont il est distendu à l'époque du rut, lui donne une couleur blanc de lait.

Dans le Triton ponctué, nous avons trouvé de même que les canaux séminifères afférents, au nombre de six, aboutissent à un canal commun qui se dilate un peu, comme à l'ordinaire, aux endroits où il reçoit un de ces derniers canaux; il se dilate de même un peu dans les parties, non correspondantes, d'où naissent les séminifères qu'il envoie à l'épididyme.

Celui-ci, au lieu d'être composé de trois portions distinctes, telles que nous venons de les décrire dans le Triton alpestre, en a quatre, dont l'antérieure, qui est la principale, est beaucoup plus considérable que les trois suivantes. C'est celle-ci qui se continue avec le canal déférent, tandis que les autres envoient directement,

à la partie correspondante du déférent, des canaux spermatiques; toutes quatre paraissent se composer de vaisseaux très-contournés.

Dans la Salamandre noire des Alpes, le canal déférent est fort long, très-replié et d'un diamètre proportionnel considérable.

Il reçoit la semence par l'intermédiaire d'un long épididyme, qui dépasse le testicule en arrière et en avant, et dont l'extrémité antérieure produit un canal étroit qui se coude et augmente subitement de diamètre pour se changer en canal déférent.

Dans son long trajet d'avant en arrière, parallèlement à ce dernier et tout près de lui, l'épididyme lui envoie directement un assez grand nombre de canaux séminifères très-courts. Ceux qui sortent du testicule, qui est, comme nous l'avons dit, long, étroit et sans divisions, ne communiquent avec l'épididyme que par l'intermédiaire d'un canal commun qui lui est parallèle, et duquel naissent d'autres canaux séminifères qui vont à l'épididyme.

Dans la Salamandre commune, j'ai trouvé, comme dans les Tritons, un épididyme considérable, plus facile cependant à reconnaître lorsque l'animal est en plein rut. Il se compose évidemment de canaux repliés et assez dilatés. Il dépasse en avant, dans l'individu que j'ai sous les yeux, le principal canal, qui en sort et qui paraît être l'origine du déférent; d'autres canaux séminifères vont successivement de l'épididyme au déférent. L'épididyme commence en arrière à peu près vis-à-vis la portion la plus reculée du testicule, et semble continuer la partie étroite du rein, dont il se distingue cependant par sa structure. Il y a ici, comme à l'ordinaire, un canal commun qui marche à peu près parallèlement à l'épididyme, reçoit les canaux séminifères du testicule et en envoie d'autres très-courts à l'épididyme.

Le canal déférent, dans cette espèce, se distingue par la couleur noire du péritoine qui l'enveloppe. Il est droit, sans repli, dans la plus grande partie de son étendue, et n'a que quelques sinuosités entre l'épididyme et le paquet des uretères (pl. 2, fig. 16 *d f*).

§ 5. SPERMATOZOÏDES DES TRITONS ET DES SALAMANDRES.

Les spermatozoïdes des animaux de cette famille ont peut-être la plus singulière conformation de celles qu'ils ont présentées aux observateurs, dans tout le règne animal.

Étudiée uniquement dans le Triton à crête, par MM. Mayer, R. Wagner et Valentin, c'est à M. de Siebold, et surtout à M. Dujardin qu'on en doit une connaissance à la fois plus exacte et plus complète.

Ces spermatozoïdes sont en forme de fil, comme ceux des Batraciens anoures. Ils sont même encore plus longs et s'en distinguent, parce qu'on peut y reconnaître un corps ou une partie plus épaisses et une queue ou une partie plus déliée.

La première a comme un col effilé en avant; elle commence par un léger renflement en forme de bouton; on dirait même que ce bouton est une ventouse, au moyen de laquelle le spermatozoïde se fixe, dans quelques cas, tandis que tout son corps est en mouvement.

Le corps de cette machine animée se continue subitement dans une portion plus longue et plus grêle, extrêmement amincie à sa dernière extrémité, qu'il est très-difficile de bien distinguer à cause de son extrême ténuité. Cette seconde partie est surtout remarquable en ce qu'elle est entourée, à distance, par un fil extrêmement délié, contourné en spirale et fixé en apparence à l'origine de la queue et à son extrémité.

A un grossissement de 350 D. au moins, on voit cette spire se mouvoir régulièrement et très-rapidement d'avant en arrière, tandis que la partie principale exécute des glissements ou des mouvements de flexion qui la portent, avec lenteur, en sens opposé.

Ce phénomène extraordinaire a paru, aux premiers observateurs, MM. Mayer, Wagner et Valentin, l'effet de cils vibratiles. J'avais eu moi-même cette illusion dans mes premières observations,

et je lui trouvais beaucoup de ressemblance avec les mouvements produisant l'apparence d'une roue qui tourne chez les Rotifères; mais, lorsque l'animal est mort, on aperçoit facilement la continuité du fil en spirale. J'ai été à même de reconnaître cette continuité dans un cas où le corps d'un spermatozoïde sans mouvement, était traversé par un spermatozoïde à spire encore mobile. Le corps du premier était soulevé et abaissé alternativement par les parties saillantes et rentrantes de la spire, à mesure qu'elles passaient sous lui.

M. de Siebold a reconnu le premier cette continuité; mais il avait cru voir l'extrémité caudale du spermatozoïde se replier autour du corps pour former cette spire; tandis que M. Dujardin a démontré qu'elle était une partie accessoire très-distincte de la partie principale [1].

Les spermatozoïdes du Triton alpestre et du Triton ponctué ne diffèrent des précédents que par les proportions des deux parties principales.

Nous avons trouvé également cette partie accessoire dans les spermatozoïdes de la Salamandre commune.

Il nous a fallu, pour cela, un grossissement de 450 D. au moins; avec un grossissement plus faible, nous avions cru qu'elle n'existait pas.

La partie principale est également en forme de long fil; ses deux extrémités sont amincies et sa partie antérieure, ou le corps, formant un peu plus du tiers de la longueur totale, est plus épaisse; cette première partie se continue brusquement dans l'autre, qui a 0,027 de millim. à 0,030 de millim. de longueur.

§ 6. DÉVELOPPEMENT DES SPERMATOZOÏDES ET STRUCTURE INTIME DE LA GLANDE SPERMAGÈNE.

Les spermatozoïdes n'existent pas dans la glande spermagène hors de l'époque du rut, et leur développement, à cette époque,

[1] Voir *Froriep, Neue Notizen*, t. I, n° 46, 1837, et *Annales des sciences naturelles*, 2e série, t. X, p. 28 et suiv., 1838.

est successif, et non simultané, dans les différentes parties dont cette glande se compose: c'est du moins ce que nous avons constaté chez le Triton à crête (§ 2).

Nous avons déjà vu qu'une seule de ces parties contenait dans un cas des spermatozoïdes; elle se distinguait par la couleur blanc de lait, tandis que celle qui n'avait que des granulations était gris de perle demi-transparente et très-injectée de vaisseaux sanguins.

Le testicule, outre sa membrane péritonéale et sa membrane propre, se compose de replis de celle-ci, qui forment des cloisons interceptant de petites cellules, comme celles d'une ruche d'abeilles. C'est dans ces cellules de l'albuginée, que sont contenues les petites poches glanduleuses dans lesquelles se forme la semence et se développent les spermatozoïdes. Ces poches glanduleuses, que j'appellerai capsules primaires, s'aperçoivent à travers les deux enveloppes de la glande, dans toute l'étendue de sa surface[1].

Leur diamètre moyen est de 0,050 millim.; mais elles varient beaucoup pour le volume comme pour la forme.

La plupart cependant sont sphériques; il y en a de plus ou moins allongées. Ces capsules en renferment un grand nombre de plus petites (très-évidentes dans la figure 7, planche 1), que je distinguerai sous le nom de capsules secondaires ou de capsules génératrices. Celles-ci ne contiennent, hors du rut, que des granulations opaques, mélangées de molécules huileuses transparentes. On distingue alors très-bien leurs parois membraneuses. Le diamètre de ces capsules génératrices[2] est de 0,025 millim.

A l'époque du rut, elles sont remplies d'un écheveau de spermatozoïdes roulés en une pelote sphérique. Les plus avancés dans leur développement ont évidemment rompu les parois de la cap-

[1] On a représenté cinq de ces capsules primaires dans la figure 7, planche 1, après les avoir extraites de la glande.

[2] Voir la figure 8, planche I, qui en représente un groupe rempli de granulations opaques et de gouttelettes transparentes.

Les granulations opaques sont des germes de spermatozoïdes.

sule génératrice qu'on ne distingue plus, et l'écheveau commence à se déployer comme dans la figure 6.

Les capsules primaires ne semblent remplies, lorsque l'animal est en plein rut, que de pelotons de spermatozoïdes; ces pelotons restent bien distincts les uns des autres, quoiqu'on n'aperçoive plus leur enveloppe génératrice.

Comment les capsules primaires sont-elles liées aux canaux afférents séminifères, et par quelle voie la semence et les spermatozoïdes arrivent-ils dans ces canaux? C'est ce qui resterait à faire connaître.

Nous avons déjà dit que les cloisons de l'albuginée supportent probablement les premiers canaux efférents qui prennent la semence dans les capsules glanduleuses; et que ceux qui sortent du testicule doivent en être la continuation; mais nous ne les avons pas vus.

§ 6. MÉLANGES DES PRODUITS DE LA GÉNÉRATION ET DES ORGANES URINAIRES CHEZ LES MÂLES DES TRITONS À CRÊTE.

J'ai extrait de la vessie urinaire d'un individu en rut, de cette espèce, des spermatozoïdes pleins de vie.

Dans un autre individu que je conserve, et dont j'ai fait figurer l'appareil génito-urinaire (pl. I, fig. 1 et 2), la vessie renfermait un dépôt considérable de spermatozoïdes, mêlés entre eux, mélangés de granulations, et non plus disposés en écheveaux réguliers.

Je ne fais qu'indiquer ici ces observations, me proposant de traiter plus en détail, dans le fragment suivant, des rapports entre les organes urinaires et ceux de la génération.

§ 7. CONCLUSIONS OU RÉSUMÉ DES FAITS ÉNONCÉS DANS LES PARAGRAPHES PRÉCÉDENTS.

Voici les conclusions que je crois pouvoir tirer des observations précédentes sur la glande spermagène des Salamandres et des Tri-

tons, son organisation intime et le produit de sa sécrétion :

1° Cette glande n'est jamais multiple, comme plusieurs anatomistes l'ont pensé ; mais elle peut être divisée, plus ou moins profondément, en deux, trois parties et plus, suivant les espèces.

2° La *Salamandra atra* de Schreibers ne l'a pas divisée.

3° Elle est toujours divisée à l'âge adulte dans la *Salamandra maculosa* Laur. : nouvelle preuve que ces deux espèces sont réellement distinctes.

4° Chez le Triton *alpestris* Bechst., la glande spermagène n'est pas divisée en général. On y remarque quelquefois une portion accessoire, beaucoup plus petite que la principale ; mais la couleur blanc de lait de la plus grande partie de cette glande, en avant, et la couleur gris de perle de sa partie postérieure, montrent que le développement des spermatozoïdes a lieu successivement d'avant en arrière.

5° Cette glande est divisée en trois parties, au moins, hors de l'époque du rut, dans le Triton à crête. Ses divisions se multiplient jusqu'au nombre de sept lorsque l'animal est en plein rut ; mais plusieurs sont peu profondes, résultent d'étranglements peu prononcés, dans le sens du diamètre transversal de la glande, et ne sont pas des séparations réelles. D'autres n'ont plus entre elles qu'un canal tordu ou contourné en spirale, formé par la membrane propre de la glande, revêtue du péritoine et ne contenant aucune capsule glandulense, aucun granule, comme le disait M. Rathke déjà en 1820.

6° Les divisions des testicules peuvent varier pour la forme et pour le nombre chez le même individu, non-seulement suivant qu'il est hors du rut ou à cette époque, mais encore d'un testicule à l'autre ; de sorte qu'il y a quelquefois, dans ces organes pairs, une complète asymétrie.

Ces différences dans la forme n'étonneront pas, si l'on réfléchit que le testicule est un organe de sécrétion ou un organe chimique, ainsi que je l'ai dit du foie dans le mémoire que j'ai eu l'honneur de lire à l'Académie le 6 octobre 1835 ; que la forme

générale d'un organe de cette nature peut varier sans changer sa fonction, qui dépend uniquement de son organisation la plus intime; tandis que dans les organes physiques, tels que l'œil, les muscles, les os, employés comme leviers, la forme est essentielle, et ne peut varier sans modifier, ou même sans empêcher entièrement le jeu de la fonction.

7° La structure intime de ces organes de sécrétion est la circonstance organique qui ne varie point; elle se compose:

a. De cloisons polygmales, qui paraissent un prolongement de la membrane propre du testicule, et dont l'usage doit être analogue à celui du corps d'Highmor des Mammifères;

b. De capsules primaires ou de poches glanduleuses de différentes formes, sphériques, oblongues, coniques, qui remplissent le sac, plus ou moins distendu, formé par la membrane propre du testicule;

c. De capsules secondaires, ou génératrices des spermatozoïdes, remplies de leurs écheveaux contournés en pelotes à l'époque du rut, ou de simples granules hors de cette époque.

Cette structure est entièrement analogue à celle des glandes spermagènes des Raies, dont nous avions décrit en 1805 les principales circonstances organiques; mais que MM. J. Müller, Stanius, et surtout M. Hallmann [1], ont décrites en détail dans leur structure intime; ce dernier faisait connaître à la fois le développement le plus circonstancié de leurs spermatozoïdes, que M. Lallemand [2] étudiait presque en même temps.

8° J'ai constaté que le développement des spermatozoïdes chez les Tritons et les Salamandres, à l'époque du rut, n'était pas simultané, mais successif, dans les divisions principales de la glande spermagène, et que c'est cette circonstance qui donne des apparences différentes de couleur aux parties dont se compose la glande spermagène dans le Triton à crête.

La division du testicule dans laquelle les spermatozoïdes sont

[1] *Archives de J. Müller*, 1840, p. 41 et 287.

[2] *Annales des sciences naturelles*, deuxième série, p. 161; Paris, 1841.

complétement formés dans leurs capsules génératrices, prend une couleur blanc de lait; tandis que celle où ces capsules ne renferment encore que des granules et des gouttes d'huile est gris de perle; elle a ses vaisseaux sanguins très-injectés.

Cette partie n'est donc pas une glande particulière, comme l'avait cru du Fay. Elle devient semblable aux autres par suite de son développement, et renferme, à son tour, des spermatozoïdes, contrairement à l'opinion des physiologistes qui avaient pensé qu'elle n'en renfermait jamais.

9° J'ai découvert l'existence d'un épididyme considérable chez les Tritons à crête, alpestre et ponctué, et dans la Salamandre noire et la commune, et j'ai reconnu et décrit les canaux séminifères qui s'y rendent, sa structure vasculaire et sa terminaison dans le canal déférent. Ce sont autant de faits nouveaux pour l'anatomie comparée.

Ce corps intermédiaire entre les testicules et le déférent, paraît donc exister chez toutes les espèces de Tritons et de Salamandres; mais il devient surtout bien évident à l'époque du rut : du moins, est-il constant qu'il est plus développé à cette époque.

On peut en conclure que la glande spermagène est aussi compliquée chez ces amphibies que dans les animaux supérieurs; seulement la partie de la glande chargée de la sécrétion se compose de capsules au lieu de canaux.

10° La découverte que j'ai faite d'un amas de spermatozoïdes dans la vessie urinaire de deux tritons à crête, à l'époque du rut, qui y paraissaient en dépôt comme dans leur réservoir naturel, et conservaient dans l'un de ces animaux, que j'avais eu vivant, toute l'activité de leurs mouvements; constate de nouveau l'innocuité de l'urine pour ces machines animées, et montre à la fois les rapports plus ou moins intimes qui existent entre les organes génitaux et les organes urinaires.

DEUXIÈME PARTIE.

DU VESTIBULE GÉNITO-EXCRÉMENTITIEL DES VERTÉBRÉS EN GÉNÉRAL; DES CARACTÈRES QUI LE DISTINGUENT CHEZ LES MÂLES ET CHEZ LES FEMELLES DES SALAMANDRES ET DES TRITONS, ET PLUS PARTICULIÈREMENT DES GLANDES ACCESSOIRES DE LA GÉNÉRATION QUI LUI SONT ANNEXÉES.

§ I. DU VESTIBULE GÉNITO-EXCRÉMENTITIEL EN GÉNÉRAL.

Lorsque la fécondation s'effectue avant la ponte, le vestibule génito-excrémentitiel des femelles reçoit en premier lieu la liqueur fécondante du mâle pour la transmettre aux ovules. Il donne ensuite issue aux produits de la génération.

Chez les mâles, c'est par l'intermédiaire du vestibule génito-excrémentitiel que la semence pénètre dans celui de la femelle; il recèle leur verge quand ils en sont pourvus. Des glandes, plus ou moins considérables, y versent, dans quelques cas rares, une humeur abondante, qui s'y mélange à la semence.

Les fèces urinaires et alimentaires ne font que le traverser et n'y séjournent pas; il n'en est donc pas le réservoir. Aussi, est-ce très-mal à propos qu'il a été désigné sous le nom de cloaque, ainsi que l'a très-bien fait observer, dès 1823, M. Geoffroy Saint-Hilaire, dans sa Philosophie anatomique[1].

Selon nous, il appartient plus particulièrement à l'appareil générateur, par plusieurs caractères sexuels de son organisation.

Cette proposition deviendra surtout évidente, par ce que nous allons dire des différences qu'il présente chez les mâles et chez les femelles des Salamandres et des Tritons.

Ce vestibule y fait une saillie ovale ou sphérique, immédiatement en arrière du bassin, sous l'origine de la queue. Sa cavité débouche au dehors par une fente médiane longitudinale, bordée de deux lèvres rentrantes, colorées comme la peau, lisses ou hérissées de tubercules ou de papilles, siége probable d'une

[1] Page 323.

grande sensibilité. Ses parois intérieures sont tapissées par une muqueuse très-déliée, et parcourues en tous sens par de nombreuses ramifications vasculaires qui sont fortement injectées à l'époque du rut et les colorent en rouge.

Cette congestion sanguine doit contribuer à en augmenter à la fois les sécrétions et la sensibilité. Elle montre, à notre avis, avec d'autres caractères qui vont être indiqués, que ce prétendu cloaque a des fonctions plus nobles à remplir; c'est un organe de copulation pour les deux sexes; c'est une vulve pour les mâles comme pour les femelles, analogue à celle des femelles de Mammifères. Ces analogies, qui nous ont frappé dans l'histoire générale des organes de la génération, que nous avons rédigée pour le huitième volume des Leçons d'anatomie comparée, nous ont déterminé à désigner la vulve des Mammifères, le cloaque des Oiseaux, celui des Reptiles, des Amphibies et des Poissons, quand il existe, par la dénomination commune, plus exacte, de vestibule génito-excrémentitiel, indiquant à la fois les rapports organiques et fonctionnels de cette partie, chez tous les animaux vertébrés.

Qu'il me soit permis de rappeler, à ce sujet, que dans mon Mémoire sur l'hymen, lu à la classe des sciences mathématiques et physiques de l'Institut, le 3 thermidor an XIII (en août 1805), et inséré parmi ceux des savants étrangers, on trouve déterminées pour la première fois, d'une manière précise, les limites de ce vestibule et celles du vagin, dans la classe des Mammifères; limites qui avaient été confondues par les anatomistes, entre autres par Daubenton. Je montre, dans cet ancien travail, que la membrane de l'hymen chez un certain nombre de Mammifères, comme chez la femme, sépare le vestibule du conduit génital, et que la présence de cette membrane n'est pas un caractère exclusif de l'espèce humaine, comme l'avaient cru Linné et Haller. J'ajoute qu'elle est remplacée, chez le plus grand nombre de Mammifères, par un anneau resserré qui indique tout aussi bien la séparation de ces deux parties.

C'est cette juste détermination qui m'a conduit à celle des rapports que je viens d'indiquer dans tous les animaux vertébrés.

Ces ressemblances dans le plan d'organisation des animaux d'un même type, qui paraissent tout à coup comme des traits de lumière, comme des révélations de la science, à celui qui la cultive avec ardeur et persévérance, appartiennent aux notions les plus élevées de cette science, à cette partie philosophique qui s'efforce de soulever le voile qui couvre les mystères de la création, et semble mettre en rapport notre faible intelligence avec l'Intelligence Suprême.

Ces réflexions montreront, du moins, que les sujets en apparence les plus infimes dans l'histoire de l'organisation peuvent être singulièrement élevés par l'esprit synthétique qui les observe et qui fixe ses méditations sur leurs rapports.

Le vestibule génito-excrémentitiel, très-simple chez les femelles des Salamandres et des Tritons, se complique chez les mâles des deux genres d'un appareil glanduleux très-remarquable, et de plus, chez ceux des Tritons seulement, d'une verge fort singulière. Nous le décrirons d'abord dans son état de simplicité, puis avec ses complications successives.

§ 2. VESTIBULE GÉNITO-EXCRÉMENTITIEL CHEZ LES FEMELLES DES SALAMANDRES ET DES TRITONS.

Nous l'avons étudié dans la Salamandre commune et dans la Salamandre noire, dans les Tritons à crête, alpestre et ponctué.

Il forme dans ces cinq espèces une saillie ovale sous l'origine de la queue.

La peau qui le revêt est absolument lisse chez les Salamandres. Elle est hérissée de papilles chez les femelles des Tritons. Nous les avons vues recouvertes après la mort, chez la femelle du Triton à crête, d'une mucosité plastique, épaisse, blanche et transparente, qui avait transsudé de toute la surface de ces papilles et de leurs intervalles, et formait même une fausse mem-

brane. Ces papilles, plus saillantes encore chez le Triton alpestre que chez le Triton à crête, y forment plusieurs ovales concentriques, au milieu desquels se voit la fente de ce vestibule. Le mâle du Triton ponctué n'en a pas. La couleur de ce vestibule est jaune orange chez la femelle du triton à crête, et se continue avec la bande jaune du tranchant de la queue. Elle est noire en très-grande partie chez le mâle. Son volume est toujours plus petit chez les femelles; chez le Triton alpestre, il n'a que le tiers de la largeur du vestibule du mâle, et sa forme est ovale; tandis que chez le mâle il est sphérique. Il en est de même chez le Triton à crête.

En dedans des lèvres extérieures, qui sont colorées et rentrantes, on peut distinguer, chez la Salamandre commune, des lèvres intérieures formant une sorte de bourrelet ou d'ourlet un peu plissé, et décoloré comparativement à la lèvre intérieure. Les femelles de Tritons ne m'ont pas montré ce bourrelet plissé ou cette lèvre interne.

Entre la peau et la muqueuse qui tapisse les parois intérieures de ce vestibule, on ne trouve que du tissu cellulaire, et tout au plus un coussinet de graisse très-remarquable dans la Salamandre commune, et qui remplace, pour la figure et la position, le lobe inférieur de la prostate vestibulaire que nous décrirons chez les mâles[1]. L'intérieur de ce vestibule est lisse et sans papilles, sans appareil glanduleux distinct.

On y remarque, chez les Salamandres, quelques plis disposés en éventail, qui semblent un rudiment de l'appareil glanduleux lamellaire des mâles.

Les oviductes s'ouvrent chez le Triton à crête, très-rapprochés l'un de l'autre, à la paroi supérieure du cloaque, au milieu d'un pli circulaire, qui semble la continuation de chaque oviducte.

Le rectum s'y termine plutôt à la même paroi. Les orifices des uretères sont plus en dehors, et celui de la vessie urinaire en bas.

Les muscles qui entourent cette cavité sont en même temps

[1] On ne peut s'empêcher de trouver quelque analogie entre ce coussinet et celui du mont de Vénus dans l'espèce humaine.

des muscles de la queue, qui entraîne dans ses mouvements le vestibule, qui est comme suspendu sous sa base. Un seul de ces muscles me paraît être à la fois un fléchisseur de la queue et un constricteur du cloaque : c'est un pubio-coccigien qui s'attache au pubis et à l'apophyse épineuse inférieure de la quatrième vertèbre caudale. Ce muscle est renforcé par un autre, qui se réunit à lui en arrière, mais dont l'attache fixe en avant est à l'articulation sacro-iliaque.

§ 3. DU VESTIBULE GÉNITO-EXCRÉMENTITIEL CHEZ LES MÂLES DES SALAMANDRES.

La saillie qu'il fait sous la queue est sensiblement plus prononcée que chez les femelles. La peau qui le recouvre est de même lisse et sans papilles.

Lorsqu'on écarte les deux lèvres extérieures qui bordent son ouverture, on aperçoit d'abord comme deux lèvres intérieures, ou deux nymphes. Si l'on ouvre le vestibule de manière à voir ses parois intérieures dans toute leur profondeur, on les trouve garnies, de chaque côté, dans leur partie moyenne et inférieure, d'une série d'environ douze à quatorze lames, qui remontent presque verticalement de la lèvre intérieure jusque dans un sillon bordé d'une valvule; celle-ci est la limite entre la chambre supérieure du vestibule et sa chambre inférieure et moyenne, occupée par cet appareil, dont nous montrerons bientôt la structure glanduleuse et ses connexions avec les prostates.

Qu'il nous suffise de dire ici, que ces lames sont attachées aux parois du vestibule par leur bord externe, et libres par leurs deux faces et par leur bord interne, qui n'est pas uni, mais comme frangé.

On trouve le même appareil dans le vestibule des mâles de la Salamandre noire; mais ces lames sont ici plus nombreuses (il y en a seize) et moins saillantes. Elles tiennent entre elles par de courts replis transverses qui partagent leurs intervalles en petites cellules, excepté dans leur partie supérieure et interne,

où elles sont détachées les unes des autres, plus saillantes et frangées dans leur bord libre ; tandis qu'il est tout uni dans le reste de leur étendue.

Ces lames sont évidemment tubuleuses. On aperçoit le canal de ces tubes injecté jusqu'à l'extrémité des franges de leur paroi supérieure. C'est surtout dans les cinq premières lames que cette paroi supérieure libre et à bord frangé, est plus prononcée.

La paroi de la chambre supérieure du vestibule est lisse et forme un angle rentrant qui se continue, depuis l'orifice du rectum et celui de la vessie urinaire et des uretères, jusqu'à la commissure postérieure. Cette disposition semble devoir servir à la direction des fèces, et la valvule qui borde cette partie lisse et la sépare de l'appareil lamellaire doit préserver cet appareil de leur contact, au moment de leur expulsion.

En arrière, la partie lisse des parois du vestibule s'élargit beaucoup au delà des lames, et montre des séries régulières de très-petites papilles. En avant, le pli valvulaire se prolonge jusqu'à la partie la plus avancée du cloaque; il sépare l'orifice du rectum, qui se voit en dedans et en avant, de l'orifice du déférent, qui est en dehors de ce même pli, et plus en arrière, dans une fossette couverte d'une papille.

Par cette disposition, la semence se trouve immédiatement en communication avec l'humeur de la prostate.

L'orifice du tronc unique des uretères d'un même côté est un peu plus en avant et en dedans, et plus rapproché de celui de la vessie urinaire, avec lequel il communique par une petite rainure.

§ 4. DU VESTIBULE GÉNITO-EXCRÉMENTITIEL CHEZ LES MÂLES DES TRITONS.

Le cloaque des Tritons est, non-seulement l'aboutissant des produits de la génération et des organes préparateurs de la semence, des fèces alimentaires et des fèces urinaires, comme celui des Salamandres; mais il recèle encore, chez les mâles, une verge considérable.

Chez le Triton à crête, ce vestibule a sa cavité divisée en deux chambres, l'une inférieure et antérieure, qui renferme la verge, et l'autre supérieure, qui s'étend en arrière jusqu'à la commissure postérieure.

L'orifice inférieur du vestibule est une fente longitudinale bordée d'une double lèvre de chaque côté. La lèvre extérieure, plus mince, s'étend d'une commissure à l'autre. L'intérieure appartient à la chambre inférieure; elle est épaisse, semi-circulaire, moins étendue en arrière que la lèvre extérieure, et garnie d'un appareil glanduleux, très-développé à l'époque du rut.

Cet appareil se compose d'une série d'environ douze lames qui se recouvrent comme des tuiles et garnissent, comme une couronne, tout le pourtour extérieur de chaque lèvre intérieure. Ces lames sont en forme de palme ou de palette, étroites par leur pédicule adhérent, élargies par l'autre extrémité qui est dentelée à son pourtour. Elles sont libres dans presque toute leur étendue, et couvertes par une peau noirâtre. Vues au microscope, elles paraissent composées de tubes qui se prolongent dans les dentelures de leur bord et les constituent. Ces tubes, ou petits cœcums, ont leur cavité admirablement divisée en cellules polygonales. C'est dans la chambre supérieure du vestibule que se termine le rectum, et que viennent aboutir les canaux déférents, les uretères et la vessie urinaire. On y voit encore, mais très en arrière et très-près de la commissure postérieure, un groupe de longues papilles, en dedans duquel sont les séries d'orifices des canaux excréteurs des prostates.

Les canaux déférents s'ouvrent chacun dans une papille de la paroi supérieure du cloaque. Les deux papilles sont très-rapprochées dans une fossette où se terminent encore les orifices des tubes courts qui réunissent les uretères. C'est précisément à l'endroit où les plis longitudinaux du rectum finissent, et où commence une première division du vestibule génito-excrémentitiel, ou le cloaque supérieur, que se voient ces deux papilles. Elles semblent chacune avoir pour prépuce la terminaison d'un de ces plis.

Immédiatement au-dessous se voit l'orifice de la vessie urinaire, qui aboutit aussi dans cette première partie du vestibule genito-excrémentitiel, ainsi que nous l'avons déjà dit en commençant cette description.

Le vestibule, chez le mâle du Triton alpestre, forme à l'époque du rut, sous l'origine de la queue, une saillie sphérique très-considérable.

La peau en est papilleuse, mais ces papilles sont moins saillantes que chez la femelle, excepté celles qui garnissent le bord des deux lèvres.

Un peu en dedans de la commissure postérieure, se voit un groupe de longues papilles grêles, qui sont implantées dans une rainure de cette partie, comme chez le Triton à crête.

Le vestibule du Triton alpestre se divise en deux chambres, l'une antérieure et inférieure, qui renferme la verge, et l'autre supérieure, dans laquelle aboutissent ou se terminent le rectum, la vessie, les uretères et les canaux déférents. Le bord de la chambre inférieure est garni en dedans, comme dans le Triton à crête, de lames membraneuses à bord frangé; ces lames se composent de même de tubes soudés entre eux, et les franges sont la terminaison libre de ces tubes.

Cet appareil est un appendice de la glande prostate vestibulaire, qui constitue la plus grande partie des parois du vestibule.

Le vestibule du Triton ponctué se distingue par l'absence de papilles à sa surface. Il renferme une verge considérable qui est blanche avec une tache noire au milieu de son chaperon.

§ 5. DE LA VERGE DES TRITONS.

Nous avons constaté dans les cinq espèces de Tritons dont nous venons de décrire le vestibule, que la chambre inférieure renferme une verge considérable. C'est une sorte de champignon ou de clou rivé, composé d'un pédicule cylindrique et d'une tête élargie et débordant la tige par toute sa circonférence, qui est

arrondie en avant et un peu anguleuse en arrière. La peau du vestibule qui la recouvre est noire dans le Triton à crête ; elle n'a qu'une tache de cette couleur dans le Triton alpestre et dans le Triton ponctué ; le reste est blanc. Cette verge est attachée aux pubis, comme les corps caverneux des Mammifères, par deux ligaments ; elle ne semble composée que de la substance fibreuse qui enveloppe les corps caverneux des verges érectiles.

Des sections de ce corps faites dans tous les sens ne nous ont fait voir qu'un tissu homogène très-serré, dans lequel on distingue à peine des mailles ou des cellules. Vers le bas d'une section transversale perpendiculaire à l'axe de ce corps, nous avons observé des tubes semblables à ceux des prostates, dont la partie terminée en cul-de-sac était dirigée vers la circonférence.

En comprimant ce corps sur le vivant, on le fait saillir un peu entre les lèvres du vestibule. De sorte que nous ne doutons pas qu'il ne serve à une espèce de copulation, quoique ne contenant aucun tissu érectile.

Du Fay, qui l'avait bien reconnu, l'a décrit comme étant cartilagineux et en forme de mitre.

§ 6. APPAREIL GLANDULEUX DU VESTIBULE GÉNITO-EXCRÉMENTITIEL CHEZ LES MÂLES DES SALAMANDRES.

Les parois de ce vestibule sont entourées de deux glandes considérables, une de chaque côté, qui forment en très-grande partie la saillie extérieure de ces parois, et que la peau recouvre immédiatement.

Chacune de ces glandes est repliée sur elle-même, et divisée ainsi en deux lobes, l'un supérieur et l'autre inférieur.

Elle touche, par la convexité de sa partie moyenne, ainsi pliée, à la paroi extérieure du vestibule et se continue avec cette paroi.

Le lobe inférieur forme avec son symétrique un cœur dont la pointe est en arrière, et au centre se voit la fente du vestibule. Il est disposé horizontalement.

Le lobe supérieur est ovale et s'élève obliquement de dedans en dehors vers la face dorsale, où les deux lobes sont séparés par les reins. En arrière, au contraire, les lobes supérieur et inférieur de chaque côté se rencontrent et se soudent au-dessus de la fente du vestibule.

Le muscle pubio-coccigien, le seul qui agisse directement sur le cloaque, passe entre ces deux lobes et doit les comprimer dans son action.

Ces masses glanduleuses, très-considérables à l'époque du rut, se composent de tubes sinueux, très-repliés sur eux-mêmes, surtout vers la circonférence de la glande, où l'on aperçoit leurs terminaisons en cœcums. Quelques-uns m'ont paru se ramifier en deux et même en trois autres tubes, avant de se terminer en culs-de-sacs.

Ils sont de couleur opaque et comme laiteuse, dans la partie de la glande, qu'on pourrait appeler de sécrétion. A mesure qu'ils s'approchent du vestibule, on les voit se redresser, devenir parallèles, et ceux des deux lobes se rencontrer et se croiser, pour s'enfoncer contre les parois du vestibule.

Ils m'ont paru se continuer en partie dans l'appareil lamelleux et frangé, que j'ai décrit avec les parois intérieures de cette cavité, et pour l'autre partie, dans la fosse semi-lunaire, dans laquelle les lamelles tubuleuses aboutissent librement. C'est du moins à cet endroit que j'ai vu se produire le plus d'humeur prostatique par la compression de la glande.

Chez la Salamandre noire, ces glandes sont aussi étendues à proportion; elles ont de même deux lobes chacune, dont l'inférieur seul me paraît avoir été décrit et figuré. Il se compose de tubes droits pour la plupart, du moins ceux de la face supérieure, plus souvent sinueux à la face inférieure, qui se déploient comme des rayons, depuis les parois du cloaque vers l'intérieur, sans s'anastomoser entre eux, ainsi que l'a reconnu M. J. Müller[1].

Le lobe supérieur est séparé de l'inférieur, comme dans la Sa-

[1] *De glandularum secrementium, etc.*, p. 45, et pl. II, fig. 16.

lamandre commune, par le muscle pubio-coccigien, qui le cache lorsqu'on dissèque l'animal couché sur le dos. C'est sans doute ce qui l'a fait méconnaître.

Il est cependant très-considérable, s'avance sur les côtés du bassin jusqu'à l'articulation de la cuisse. Il se compose de tubes plus sinueux et conséquemment plus longs.

§ 7. APPAREIL GLANDULEUX DU VESTIBULE GÉNITO-EXCRÉMENTITIEL CHEZ LES MALES DES TRITONS.

Il est encore plus compliqué et plus considérable que chez les Salamandres. La prostate, qui répond au lobe inférieur de celle des Salamandres, compose essentiellement la paroi en forme de calotte du vestibule, dont la concavité est ici plus grande pour renfermer la verge.

Il y a ensuite deux prostates pelviennes qui répondent au lobe supérieur de la prostate vestibulaire des Salamandres. Elles occupent la face supérieure du vestibule et du bassin, et se divisent toutes deux, ou l'une d'elles seulement, en deux lobes allongés et en navette. Elles aboutissent dans la ligne médiane de la partie la plus reculée du vestibule, où l'on voit la série des orifices de leurs canaux excréteurs [1].

Outre ces deux prostates *vestibulaire* et *pelvienne*, il y en a une troisième de chaque côté que j'appelle *abdominale*. Elles s'avancent le long des parois musculaires de l'abdomen, jusqu'au delà des reins, se rapprochent et se soudent dans leur partie abdominale, qui est la plus considérable, et que le péritoine recouvre. Leur extrême bord est échancré à l'endroit de leur union et décèle leur séparation.

Composées dans cette partie de canaux blancs, extrêmement sinueux, il n'y en a plus que quelques-uns qui sont droits et parallèles dans la partie qui pénètre dans le bassin, qui forme comme un pédicule étroit, s'insinuant entre la glande pelvienne

[1] Pl. I, fig. 12, or.

et la paroi glanduleuse du vestibule jusqu'à l'extrémité postérieure de celui-ci, où ces tubes se terminent [1], précisément plus en dedans que les papilles qui existent près de la commissure postérieure du vestibule, et nullement à l'extrémité de ces papilles [2].

Les prostates abdominales sont encore plus étendues chez le Triton alpestre; elles se soudent dans la ligne médiane et forment comme un épais et large coussin, ajouté aux parois abdominales, entre les muscles et le péritoine, arrondi en avant et nullement échancré. Ces glandes contournent de même en arrière par leur pédicule, composé du faisceau de leurs canaux excréteurs, l'un et l'autre côté de la prostate vestibulaire, et se terminent dans la partie postérieure du vestibule.

Dans le Triton ponctué, les prostates abdominales ont d'énormes proportions; leur bord antérieur atteint le niveau de l'extrémité des testicules du même côté. Elles tapissent toute la largeur des parois abdominales jusqu'au canal déférent. (Pl. I, fig. 13.)

Leur épaisseur est de près de $0^{m},002$.

Réunies, elles ont la forme d'un cœur, leur bord antérieur et moyen étant rentrant.

La prostrate vestibulaire externe est très-développée dans son lobe inférieur, tandis que son lobe supérieur ou pelvien l'est très-peu; au contraire, le pédicule de la prostate abdominale ou le faisceau de ses canaux excréteurs est très-épais.

§ 8. RÉSUMÉ DE CETTE SECONDE PARTIE DU TROISIÈME FRAGMENT

1° Je traite, dans le premier paragraphe, du vestibule génito-excrémentitiel, en général, chez les animaux vertébrés. J'explique les rapports et les usages, et je montre que cette dénomination qui les exprime convient aussi bien à la vulve des mammifères, au cloaque de certains genres de la même classe, qu'à celui

[1] Pl. I, fig. 11, or.

[2] Ainsi que l'exprime M. Rathke, o. c., § 10.

des oiseaux et des reptiles, et même des poissons qui en sont pourvus.

Je rappelle, d'ailleurs, que si les usages du vestibule génito-excrémentitiel tiennent indirectement aux fonctions d'alimentation, ils sont bien plus intimement attachés aux fonctions de la génération.

J'exprime enfin que j'ai été conduit à cette nomenclature synthétique, dans l'histoire générale que je viens de rédiger des organes de la génération pour le huitième volume des Leçons d'anatomie comparée, par la découverte des limites précises qui séparent, chez les Mammifères, le vagin de la vulve. Cette découverte était comprise dans celle de l'hymen, chez un certain nombre de Mammifères, qui a fait le sujet d'un mémoire que j'ai lu à la classe des sciences physiques et mathématiques de l'Institut, au mois de juillet 1805; mémoire qui a eu les honneurs de l'insertion parmi ceux des Savants étrangers, t. 1, après un rapport favorable de M. Cuvier.

2° Je décris ensuite le vestibule génito-excrémentitiel dans son état de plus grande simplicité, tel qu'on le voit chez les femelles des Salamandres et des Tritons, § 2; puis dans les complications successives qu'il montre chez les mâles des unes, § 3, et des autres, § 4.

Ces descriptions comprennent les détails principaux de sa structure, parmi lesquels j'insiste sur les rapports des embouchures des uretères, de la vessie urinaire du rectum et des déférents chez les mâles, ou des oviductes chez les femelles.

Ces rapports, y compris ceux des orifices nombreux des diverses prostates chez les mâles, donneront la clef des mélanges possibles entre les diverses humeurs qui sont versées dans ce vestibule.

3° Les mâles des Tritons, qui sont ovipares, ont une verge considérable, dont ceux des Salamandres, qui sont vivipares, sont privés, malgré ce qu'en dit Funcke. Ce corps se développerait beaucoup à l'époque du rut, suivant M. Rathke;

du Fay, qui l'avait très-bien reconnu en 1729, le compare à une mitre, § 5.

4° Les §§ 6 et 7 traitent d'un appareil glanduleux extraordinaire, annexé au vestibule génito-excrémentitiel chez les mâles des Salamandres et des Tritons.

Il se compose de plusieurs glandes symétriques qui font partie essentielle des parois du vestibule, ou qui s'en détachent plus ou moins, soit pour se développer au dehors de cette cavité dans le bassin, et même pour s'étendre le long des parois abdominales; soit pour former des appendices lamelleuses sur le bord des lèvres internes du vestibule (dans les Tritons), ou dans l'intérieur de cette cavité (chez les Salamandres), dans laquelle leurs canaux excréteurs aboutissent tous.

5° La structure de ces glandes se compose de tubes ou de canaux le plus souvent sinueux et longs, plus rarement droits et courts, ou en forme de petits cœcums.

On distingue au microscope, à travers leurs parois, des cellules de différentes formes, qui divisent la cavité de ces tubes et paraissent le siége particulier de leur sécrétion. Chez quelques-uns même qui appartiennent aux lamelles en palmes de l'appareil intravestibulaire des Tritons, les divisions de ces cellules se montrent dans les franges tubuleuses des palmes et leur donnent la forme de gros intestin d'herbivore.

6° Il faut remonter des Salamandres jusqu'aux Mammifères pour trouver un appareil glanduleux analogue. Il est en effet comparable aux prostates des Mammifères. Par sa structure et par son développement, il ressemble même beaucoup aux prostates du hérisson.

Cette ressemblance s'étend jusqu'aux produits de leur sécrétion.

Dans un Triton à crête, l'humeur prostatique, que j'ai examinée à un grossissement de 250 diamètres, se compose de vésicules ovales, pour la plupart; d'autres sont sphériques, oblongues; toutes sont assez grandes.

J'ai comparé ces vésicules avec celles de l'humeur des prostates de ce Mammifère insectivore, observées déjà en 1824 par MM. Prevost et Dumas[1], et j'ai constaté qu'il y avait une très-grande conformité entre elles.

La désignation de prostate que je donne à tout cet appareil glanduleux est donc exacte, soit que l'on ait égard à sa structure intime et à la nature de l'humeur qu'il sécrète; soit que l'on considère ses rapports avec les autres organes de la génération.

7° Les prostates peuvent se distinguer chez les Salamandres en prostates vestibulaires externes, composées chacune de deux grands lobes, et en prostates vestibulaires internes, composées de la double série de lames tubuleuses, qui se voient de chaque côté dans l'intérieur du vestibule.

8° Chez les Tritons, qui ont une verge considérable, cette double série de lames est portée plus en dehors et est moins développée.

. La portion de la prostate vestibulaire interne, qui répond au lobe horizontal de celle des Salamandres, fait plus particulièrement partie des parois du vestibule des Tritons et prend avec ces parois la forme d'une calotte hémisphérique, tandis que l'autre portion, ou le lobe vertical, devient ici une prostate pelvienne.

Les Tritons ont de plus une prostate abdominale, dont l'étendue extraordinaire démontre l'importance de cet appareil glanduleux. Elle recouvre sous le péritoine, comme un épais bouclier ou comme un coussin, la plus grande partie des parois musculeuses de l'abdomen. (Pl. I, fig. 13.)

9° L'appareil glanduleux que je fais ainsi connaître en détail, comparativement chez les mâles des Salamandres et des Tritons, d'après deux espèces de Salamandres et trois espèces de Tritons (les *cristatus*, *alpestris* et *punctatus*), a été décrit, pour la première fois dès 1820, par M. Rathke[2] : notre prostate abdomi-

[1] *Annales des sciences naturelles*, t. I, p. 171.

[2] *Ueber die Entstehung und Entwickelung der Geschlechtstheile bei den Urodelen, etc.*. Dantzig, 1820.

nale, sous le nom de glande pelvienne antérieure, et une partie de notre prostate vestibulaire interne, sous celui de glande pelvienne postérieure.

Dans la Salamandre commune et dans la noire, la glande anale de M. Rathke est le lobe inférieur de notre prostate vestibulaire interne.

M. J. Müller, qui l'a figurée d'après la Salamandre noire, ne me paraît de même en avoir connu que le lobe horizontal, à en juger du moins par cette figure et par la courte description qu'il en donne[1].

Il observe avec raison que cette glande, n'existant que chez les mâles, est plutôt une prostate ou une glande de Cowper qu'une glande anale. Mais déjà M. Rathke avait écrit que sa glande anale mêlait son humeur à celle des produits de la génération, et il exprimait que c'était l'analogue de la prostate des Mammifères.

Si l'on compare mes descriptions et mes déterminations avec la nature, on trouvera, j'espère, que ce sujet méritait d'être repris (sur les mêmes espèces et sur plusieurs autres), avec les points de vue actuels de la science, la considération de la structure intime de ces glandes et l'analyse microscopique de leur produit.

D'ailleurs, les palmes frangées qui garnissent la lèvre interne du vestibule des Tritons, n'avaient pas encore été reconnues.

Il était intéressant de montrer leur liaison avec les prostates qui distinguent si éminemment les mâles de ces Amphibies, et, selon toute apparence, les autres Urodèles de M. Duméril.

Il l'était bien davantage encore de saisir les ressemblances singulières dans leur développement extraordinaire, leur structure et leur produit, que montrent les prostates du hérisson avec celles des Salamandres et surtout avec celles des Tritons, les seuls des animaux vertébrés, hors de la classe des Mammifères, chez lesquels on ait découvert, jusqu'à présent, un semblable appareil glanduleux.

[1] Planche II, figure 16, de son important ouvrage sur la structure intime des glandes.

TROISIEME PARTIE.

DU MODE DE FÉCONDATION DES SALAMANDRES ET DES TRITONS.

Les détails anatomiques dans lesquels je suis entré dans les deux parties précédentes de ce troisième fragment, et surtout dans la dernière, sur les organes d'accouplement de ces animaux, et ce que je vais dire de leur viviparité ou de leur oviparité, m'ont conduit à des notions entièrement différentes de celles adoptées généralement, d'après Spallanzani et M. Rusconi, sur leur mode de fécondation.

Les naturalistes pensent, avec ces savants, que les œufs des Tritons sont fécondés par l'intermédiaire de l'eau, comme ceux des Poissons ovipares, au moment de la ponte ou après la ponte, et que ce véhicule spermatisé par le mâle, est absorbé sans rapprochement intime des sexes, par l'orifice du vestibule de la femelle des Salamandres, qui sont vivipares, pour la fécondation intérieure des ovules.

Cependant M. de Schreibers avait eu la rare occasion d'observer un véritable accouplement, c'est-à-dire un rapprochement intime des vestibules de deux individus de l'un et de l'autre sexe, appartenant à la Salamandre noire.

Cette observation positive détruit, à mon avis, toutes les observations négatives concernant les deux espèces de Salamandres qui ont été le plus étudiées dans leurs mœurs, la commune et la noire.

Elle fait comprendre l'usage de ces prostates si développées, annexées au vestibule des mâles, et le véhicule abondant que la semence trouve dans leur produit, pour être versée immédiatement du vestibule du mâle dans celui de la femelle.

Les poissons ovipares, dont le sperme est si copieux à l'époque du rut, et si remarquable par sa densité, n'ont jamais de prostates ; l'eau dans laquelle ils le répandent étant le liquide destiné à le délayer et à le porter sur les œufs.

Les Tritons, bien plus encore que les Salamandres, produisent une liqueur prostatique, en grande quantité, qui doit servir de même de véhicule à la semence du mâle, sans l'intermédiaire de l'eau.

Ils ont de plus une verge ou un organe d'accouplement très-prononcé, qui me persuade que cet accouplement a lieu réellement pour une fécondation intérieure des ovules, comme chez les Salamandres.

L'anatomie m'a donné ces convictions, malgré la grande autorité de Spallanzani et celle de M. Rusconi.

J'ajouterai encore aux considérations des organes d'accouplement des mâles chez les Tritons, celle de la composition des œufs complets arrivés dans la dernière partie de l'oviducte. Ils sont très-grands, ovales, et remplissent, l'un après l'autre, tout le canal de l'oviducte. Leur coque est transparente et laisse voir un vitellus sphérique qui se meut librement dans la cavité de la coque, à travers un albumen moins dense. Les œufs pondus ne sont pas différents, ni pour le volume, ni pour la forme. Leur coque ne paraît donc pas propre à absorber l'eau spermatisée pour la fécondation, et à se remplir de cette eau en se dilatant et en se séparant du vitellus, comme celle des poissons. L'albumen liquide qu'elle renferme, déjà dans l'oviducte, le démontre.

Je crois pouvoir conclure de ces diverses considérations :

1° Que la fécondation, chez ces animaux, a lieu avant la ponte dans l'ovaire ou dans le commencement de l'oviducte, avant que l'ovule soit entouré de son albumen et de sa coque;

2° Que les sexes se rapprochent pour cette fécondation, et que la verge du mâle, chez les Tritons, s'introduit dans le vestibule génito-excrémentitiel de la femelle, et sert à un accouplement intime.

Si cet accouplement n'a pu être observé par Spallanzani ni par M. Rusconi, c'est qu'il a lieu probablement pendant la nuit, ou qu'il dure peu d'instants, comme chez certains oiseaux.

QUATRIÈME FRAGMENT.

DES REINS ET DE LEUR STRUCTURE INTIME CHEZ LES SALAMANDRES ET LES TRITONS; DE LEURS CANAUX EXCRÉTEURS; DES RAPPORTS DE CES CANAUX, CHEZ LES MÂLES, AVEC LE CANAL EXCRÉTEUR DE LA GLANDE SPERMAGÈNE, ET DU MÉLANGE DE LEUR PRODUIT.

§ 1. FORME DES REINS DANS L'UN ET L'AUTRE SEXE.

Les reins des Salamandres et des Tritons diffèrent singulièrement, pour la forme, d'un sexe à l'autre.

Chez les mâles, ils ne font que toucher l'extrémité postérieure de l'épididyme et ne s'avancent pas au delà. Ils sont donc en arrière des glandes spermagènes; mais leur extrémité postérieure pénètre dans le bassin, entre les lobes supérieurs ou pelviens de la prostate vestibulaire externe, qu'ils écartent l'un de l'autre.

Ils ont une forme un peu ovalaire ou oblongue, plus large en arrière, quoique terminés en pointe obtuse de ce côté, et en pointe plus allongée en avant.

Chez les femelles, cette forme est partout plus étroite et plus allongée; les reins sont moins reculés en arrière et ne remplissent pas, comme chez les mâles, une partie de la cavité du bassin; ils auraient gêné, dans cette position, le passage des œufs ou des petits. Par compensation, ils se prolongent en avant, comme une bande étroite, de chaque côté de la colonne vertébrale, dans la place occupée par l'épididyme chez les mâles.

Leur couleur est rouge, avec une teinte blanchâtre. Le rouge l'emporte sur le blanc jaunâtre, ou celui-ci sur le rouge, suivant que le système sanguin des reins est plus injecté de sang, ou que les canaux urinaires sont gorgés d'une urine plus ou moins épaisse, ce qui arrive à l'époque du rut chez les mâles.

§ 2. STRUCTURE INTIME DES REINS.

Cette dernière circonstance m'a fourni l'occasion rare et précieuse de découvrir et de pouvoir démontrer la structure intime des reins.

C'est dans un exemplaire mâle de Salamandre commune que j'ai été assez heureux de pouvoir observer cette organisation dans tous ses détails, et de constater qu'elle est aussi compliquée que chez les animaux supérieurs; que les reins de ces animaux, en un mot, se composent de deux substances, ou plutôt de deux ordres de canaux sécréteurs, comme ceux des Mammifères.

Dans cet exemplaire, les canaux urinaires de toute grandeur, qui composent essentiellement, avec les vaisseaux sanguins et les lymphatiques, le tissu du rein, sont fortement injectés d'une urine épaisse; de sorte que le rein, au lieu d'être rouge, par la proportion du sang qui pénétrerait ses nombreux vaisseaux, est blanc jaunâtre. Les canaux sécréteurs qui composent sa substance se dessinent à sa surface, et montrent leur arrangement avec une grande netteté.

Vu par sa face inférieure, le rein se divise en deux moitiés longitudinales assez bien séparées par une série de globules rouges à peu près sphériques.

Je reviendrai sur la nature de ces globules, qui sont les glandules de Malpighi. Il y a, dans ces deux moitiés, quelque apparence de division en lobes plus sensibles dans la moitié interne. Celle-ci est d'un blanc assez pur, tandis que l'interne est jaunâtre.

Chaque lobule, dans la première, est une espèce de rosace, composée de canaux très-fins, formant des replis sans sinuosités, ou des anses parallèles, autour d'un ou de plusieurs centres, ainsi qu'on les voit dans notre figure (pl. II, fig. 17). Des vaisseaux sanguins très-fins se dessinent et se ramifient entre ces replis.

L'autre moitié du rein se compose de canaux tout autrement disposés et d'un tout autre aspect. Ils ont généralement un dia-

mètre sensiblement plus grand[1], des parois en apparence plus épaisses, ou qui contiennent une urine plus dense. Au lieu de former des anses parallèles, ils sont extrêmement ondulés, sinueux dans tous les sens, et rappellent dans leur disposition les circonvolutions cérébrales, quoique leurs sinuosités soient à proportion plus courtes, plus nombreuses et plus irrégulières. On voit par-ci par-là, dans notre exemplaire, les ramifications des vaisseaux sanguins qui serpentent et se divisent dans leurs intervalles. Quelques-uns des plus superficiels de ces canaux se continuent de la manière la plus évidente avec l'un ou l'autre des canaux excréteurs de l'urine, ou de l'un des uretères, en se détachant du bord externe des reins. Cette continuité est pour moi incontestable; on la voit à la simple loupe.

Ces canaux sinueux qui composent la moitié externe du rein, du côté de la face inférieure, reçoivent l'urine sécrétée par les plus petits canaux disposés en rosaces.

Ils s'étendent sur presque toute la face supérieure du rein, et ils y sont enlacés de nombreuses et très-fines ramifications des vaisseaux sanguins. Nous les distinguerons par la dénomination de canaux modificateurs, et ceux repliés en anses parallèles, disposées en rosaces, sous celle de canaux sécréteurs de l'urine. Les derniers répondent incontestablement aux canaux repliés et sinueux de la substance corticale des reins de mammifères, et la masse des canaux sinueux, à la substance dite médullaire de ces mêmes reins, ou, pour parler plus exactement, aux tubes droits de Bellini.

Dans un rein de femelle de la même espèce, j'ai distingué ces deux ordres de canaux urinaires par leur couleur, leur diamètre et leur arrangement[2].

[1] Le diamètre moyen des canaux sécréteurs est de $0^{mm},08$, et celui des canaux modificateurs de $0^{mm},12$. Les plus petits de ceux-ci paraissent n'avoir que $0^{mm},08$ et les plus grands $0^{mm},16$.

[2] Voir notre planche 2, figure 22.

§ 3. — GLANDULES DE MALPIGHI.

La division que j'ai indiquée entre ces deux ordres de canaux urinaires se montre à la face inférieure du rein, de chaque côté d'une série ou d'une ligne de glandules de Malpighi qui paraissent à cette surface. Je n'en compte que dix dans l'exemplaire de Salamandre commune, où la structure des reins s'est manifestée d'une manière si distincte. Dans un autre exemplaire, j'en ai compté dix-neuf, également disposées dans une série à peu près médiane.

J'ai pu en distinguer vingt-huit dans une femelle dont le rein est plus étalé, plus allongé.

Chez un mâle de Triton à crête, en plein rut, je les ai trouvées beaucoup plus nombreuses et disposées irrégulièrement dans toute l'étendue de la surface inférieure du rein. On n'en aperçoit aucune dans la face supérieure des reins de nos Salamandres, occupée uniquement par les canaux urinaires modificateurs. Ces corps, d'après leurs usages, ne doivent en effet se trouver qu'avec les canaux sécréteurs, analogues à ceux qui composent la substance dite corticale des reins de Mammifères. Partout où ils se montrent, on est certain de les voir entourés de ces canaux que j'appelle sécréteurs: partout où ils manquent, il n'y a que mes canaux modificateurs.

Leur diamètre moyen, dans la Salamandre commune, est d'un demi-millimètre[1]. Ces glandules sont d'un beau rouge dans

M. Bowman les a trouvés dans l'homme de	0$^{m.m}$,244
Le lion de	0 ,318
Le chat adulte de	0 ,127
Un jeune chat de	0 ,098
Le cheval de	0 ,363
Le perroquet de	0 ,059
Une tortue de	0 ,176
Un boa de	0 ,060
Une grenouille de	0 ,102
Une anguille	0 ,123

Il résulte de cette table que les plus grandes de ces glandules sont celles des Salamandres.

l'exemplaire que j'ai sous les yeux; elles se dessinent très-bien sur le fond blanc jaunâtre des canaux urinaires. Mais cette teinte n'est pas uniforme. La membrane propre du rein qui les recouvre, comme une gaze blanche, donne une nuance rosée à la couleur du sang qui les pénètre. Ensuite il est évident qu'elles se composent d'une petite poche ou d'une capsule qui se continue avec un canal sécréteur, qui paraît en être comme le pédicule.

Nous avons vu, dans le rein d'une femelle de la même espèce, les ramuscules d'une branche de la veine-porte rénale se bifurquer en touchant à l'une de ces capsules, l'encadrer dans cette bifurcation, et il nous a semblé que l'un des deux petits ramuscules pénétrait dans cette poche et s'y divisait.

On distingue assez bien à travers ses parois, quand ses vaisseaux restent pleins de sang, par les inégalités des nuances du rouge, ces divisions pelotonnées.

Quelques-unes de ces capsules sont peu colorées; d'autres sont entièrement décolorées, la pelote des vaisseaux sanguins qu'elles renferment est vide de sang.

J'ai même remarqué de petites poches à parois rentrées, comme celles d'un doigt de gant, que je prends pour ces capsules dans lesquelles le vide s'est fait par la sortie du sang, d'un côté, et de l'autre par celle de l'urine.

Les unes sont en rapport, ce que je crois avoir bien vu, avec le système de la veine-porte rénale, et elles en reçoivent le sang. Je suppose que les autres restent, comme chez les Mammifères, en rapport avec les ramuscules des artères rénales. On comprendra que, dans ce cas, celles-ci seraient le plus souvent décolorées après la mort.

parmi les animaux où elles ont été mesurées. (Voir Annales des sciences naturelles, deuxième série, t. XIX, p. 108 et suiv., et 129 et suiv., et pl. I et II.)

§ 4. — CORPS JAUNE-ORANGE ANNEXÉS A LA PAROI INFÉRIEURE DES VEINES AFFÉRENTES DES REINS ET DE LA VEINE-CAVE POSTÉRIEURE.

Nous avons observé le long des veines afférentes des reins et contre la veine-cave postérieure, en avant des reins, de petits corps de couleur jaune-orange, ayant absolument la même nuance que les corps graisseux annexés aux glandes spermagènes ou ovigènes.

Ces corps nous ont paru, au premier coup d'œil, semblables à ceux que M. Gruby a décrits, dans les reins des Grenouilles, et que cet anatomiste considère comme leurs reins succenturiés.

Chez les Tritons, ces corps n'ont pas la même régularité ni pour le volume, ni pour la forme, ni même pour la position absolue. Mais leur position relative, contre les parois des veines rénales afférentes est semblable. Seulement, il y en a aussi contre les parois de la veine-cave, au delà des reins, ainsi que nous l'avons déjà exprimé.

Observés au microscope, à un grossissement de 250 diamètres, ils nous ont offert la même composition que dans les Grenouilles. Ce sont des agrégations de vésicules sphériques, remplies d'un contenu opaque, qui se compose de granulations extrêmement petites, également sphériques, absolument comme elles sont figurées dans le mémoire de M. Gruby. Je l'avais prié de faire cette comparaison avec moi, afin d'être plus certain de son exactitude.

Les vésicules du corps graisseux sont de même forme et à peu près de même volume; mais leur contenu homogène et transparent a tous les caractères chimiques des substances huileuses, que n'ont pas les corpuscules que nous venons de décrire.

D'après ce que je viens de faire connaître sur la structure intime des reins chez les Salamandres et les Tritons, il paraîtra évi-

dent que cette structure est aussi compliquée que celle des reins des Mammifères. On pourra même trouver qu'elle l'est davantage, si l'on a égard à la veine-porte rénale qui s'y distribue à la manière des artères, ainsi que M. Jacobson l'a démontré le premier.

Il était intéressant de comparer cette glande, développant sa structure dans un jeune Triton encore pourvu de branchies, et dont la longueur n'était que de $0^{m},040$, avec la structure compliquée que le rein prend définitivement.

N'ayant pas fait nous-même d'observation semblable, nous avions mis, en regard de nos observations figurées, une copie du rein se développant, prise dans l'ouvrage sur les glandes de M. J. Müller. A cette époque de la vie, le rein se compose de plusieurs séries de vésicules pyriformes. On n'y voit pas encore de glandules de Malpighi ; sans doute, par suite d'observations difficiles et incomplètes.

§ 5. — RAPPORTS DES CANAUX EXCRÉTEURS DES REINS ET DES GLANDES SPERMAGÈNES CHEZ LES VERTÉBRÉS EN GÉNÉRAL.

Avant de décrire particulièrement l'appareil singulier des canaux urinaires excréteurs chez les Salamandres et les Tritons, je crois devoir rappeler les rapports généraux qui existent entre les canaux excréteurs des reins et ceux des glandes spermagènes, chez les Vertébrés en général, puis chez les Batraciens anoures en particulier.

Chez tous les Animaux vertébrés, les canaux excréteurs de glandes spermagènes et des reins, ont leurs embouchures très-rapprochées.

Dans la classe des Mammifères, c'est le plus généralement par une seule et même voie, le canal de l'urètre, que leurs produits sont portés au dehors.

Chez les Monotrêmes, par exception, la semence, versée dans le commencement de l'urètre pelvien, seule partie de ce canal

qui existe chez ces animaux, à côté de l'embouchure de l'uretere, sort du premier canal, par son extrémité vestibulaire, et passe dans un canal séminal particulier qui appartient à la verge, ainsi que l'a vu, en premier lieu, Evrard Home.

Dans la classe des Oiseaux et dans celle des Reptiles propres, c'est le vestibule génito-excrémentitiel qui reçoit les quatre embouchures des deux canaux déférents, des deux uretères, et de la vessie urinaire, quand elle existe.

Ces embouchures, plus ou moins rapprochées, facilitent le passage de l'urine dans la vessie, ou du sperme dans le sillon de la verge ou des verges, s'il y en a un; mais elles ne sont pas disposées pour faciliter le mélange des deux produits.

§ 6

Chez les Amphibies, on trouve des dispositions organiques qui ont évidemment ce dernier but.

Chez les Batraciens anoures, qui n'ont point d'épididyme, l'urine et la semence arrivent dans le vestibule génito-excrémentitiel par un canal commun, auquel est annexée une vésicule séminale, soit à son extrémité vestibulaire (dans la Grenouille verte); soit en deçà de cette extrémité (dans la Grenouille rousse). Ce n'est ni un uretère, ni un canal déférent; mais c'est évidemment l'un et l'autre.

Swammerdam a même figuré et décrit, dans la Grenouille verte, les canaux séminifères se rendant séparément du testicule à ce canal, en traversant le rein de dedans en dehors, sous son enveloppe propre[1].

MM. Prévôt et Dumas ont particulièrement signalé cette disposition dans la même espèce[2].

M. Rathke, dans son Histoire du développement des organes

[1] Table CXLVII, figure 1, de l'édition allemande.

[2] *Annales des sciences naturelles*, fig. 1, p. 280, et pl. XX, fig. 2.

de la génération des Batraciens anoures[1], décrit dans le Crapaud des joncs, le Crapaud commun, la Grenouille rousse, un canal séminal unique, qu'il appelle déférent, qui se rendrait de bonne heure dans le canal qu'il désigne sous le nom d'uretère, mais qui reçoit plus bas la vésicule séminale.

Cette union précoce des canaux excréteurs de la semence et de l'urine, montre du moins l'innocuité de leur mélange, et de plus, que l'urine doit servir, chez ces animaux, à délayer la semence; expression que MM. Prévôt et Dumas ont employée à l'occasion de celle de la Grenouille verte[2].

Cette organisation fait encore pressentir, à notre avis, qu'à l'époque du rut, les deux sécrétions peuvent être plus ou moins influencées l'une par l'autre ; elle fera peut-être comprendre ce que nous allons dire de celles des Salamandres et des Tritons.

§ 7. DES CANAUX EXCRÉTEURS DES REINS CHEZ LES SALAMANDRES ET LES TRITONS. DESCRIPTION GÉNÉRALE.

La plus grande singularité que présentent les reins des Salamandres et des Tritons est peut-être celle de leurs canaux excréteurs, non-seulement à cause de leur nombre et de leur développement extraordinaire; mais encore plus par les différences qu'on y observe chez les mâles et chez les femelles, au point que, chez les premiers, de célèbres anatomistes les ont pris pour des vésicules séminales.

Les premiers canaux urinaires ou les premiers uretères qui se dégagent successivement du bord externe de chaque rein, au nombre de trois à sept, se rendent immédiatement l'un après l'autre, à de courts intervalles, dans le canal déférent

Les autres, en nombre variable, mais qui peut excéder le chiffre de vingt, se dégagent de même l'un après l'autre du bord externe

[1] *Mémoire de Dantzig. Halle*, 1825, § 54, p. 43.
[2] *Annales des sciences naturelles*, t. I, p. 280

du rein et ne se réunissent le plus souvent que près du vestibule, en un très-court canal commun, dont l'orifice dans cette cavité touche celui du déférent.

Il en résulte un faisceau de tubes qui se déploient extraordinairement hors du rein, en augmentant subitement de diamètre, surtout chez les mâles des Salamandres, et se trouvent distendus par une urine épaisse à l'époque du rut, de manière à produire l'illusion sur la nature de cet appareil, que du Fay a vu en premier lieu, qui a trompé, depuis cet académicien, MM. Rathke et J. Müller.

Ce faisceau se compose de canaux bien distincts: dont le plus long est celui qui tient à la partie la plus avancée du rein, et le plus court celui qui se continue avec la partie la plus reculée de ces organes. Ils sont arrangés parallèlement l'un à l'autre, de manière que le premier est accolé au canal déférent, le second au premier canal urinaire, et ainsi de suite.

Leur ensemble est contenu, avec le canal déférent, dans le même ligament du péritoine. Des vaisseaux sanguins assez nombreux se ramifient autour de ces canaux et du déférent.

J'ai déjà fait connaître, dans l'article concernant les spermatozoïdes, l'existence de ces machines animées, dans la vessie urinaire des Tritons à crête, à l'époque du rut. Ce fait s'explique par le rapprochement des embouchures des déférents de l'orifice de la vessie.

L'urine et la semence peuvent même se mélanger plus tôt, ainsi que je viens de le démontrer, au moyen des premiers canaux urinaires qui se détachent du rein et se rendent isolément et directement dans le déférent.

Ce faisceau singulier de canaux excréteurs n'a tout au plus de comparable que celui que j'ai découvert dans le pancréas du Python à deux raies, et que j'ai fait connaître à l'Académie en 1832, dans mon second Mémoire sur l'organisation des serpents; il varie, pour le nombre des canaux dont il se compose, suivant les genres, les espèces et les sexes; il varie surtout chez les mâles, dans son

développement et la nature de son contenu, suivant qu'ils sont à l'époque du rut, ou hors de cette époque. L'urine prend, dans le premier cas, l'apparence laiteuse, du moins chez les Tritons à crête, qu'elle montre habituellement chez les Sauriens et chez les Ophidiens, apparence remarquée en 1824 par MM. Prévôt et Dumas; ce qui a fait dire à ces deux physiologistes, qui commençaient, à cette époque déjà reculée, avec tant de distinction, leur carrière de célébrité, que ce n'était ni de l'urine, ni de la semence, du moins d'après l'analyse microscopique qu'ils en ont faite [1].

Nous allons étudier successivement cet appareil de canaux excréteurs urinaires chez les mâles et chez les femelles de plusieurs espèces de Salamandres et de Tritons.

On jugera peut-être, d'après ces détails historiques, qu'il n'était pas inutile d'étudier de nouveau cet appareil dans la nature, et de le comparer, ainsi que je l'ai fait, hors de l'époque du rut et durant cette époque, chez les mâles et chez les femelles des Salamandres et des Tritons.

§ 8.

Dans la Salamandre commune mâle, le faisceau des canaux urinaires est considérable, à l'époque du rut. Ces canaux sortent l'un après l'autre de tout le bord externe du rein, au nombre de quinze environ, se portent parallèlement en arrière et en dehors; se replient ensuite sur eux-mêmes en dessous et en dedans pour s'approcher du déférent.

Les cinq premiers se terminent séparément dans le canal déférent, après un court trajet [2]. Les autres forment le faisceau ordinaire de cet appareil d'excrétion, et finissent par se réunir en un très-court uretère, qui s'ouvre dans le vestibule supérieur, à côté du canal déférent, entre l'embouchure de celui-ci et l'orifice de la vessie urinaire.

[1] *Annales des sciences naturelles*, t. I, p. 282.

[2] Voir notre planche 2, fig. 16, 1, 2, 3, 4, 5.

Ils ont leur origine évidente dans les canaux urinaires modificateurs superficiels de la substance du rein. Nous l'avons constaté dans cette espèce, sur le même individu d'après lequel nous avons fait connaître la structure intime de cet organe de sécrétion. On les voit se détacher du rein en conservant un instant le même diamètre que les canaux dont ils sont la continuation. Mais ils augmentent rapidement de diamètre, au point qu'ils ne tardent pas à devenir quatre à cinq fois plus grands qu'ils n'étaient à leur origine[1].

Dans son trajet du rein au vestibule, le faisceau des canaux urinaires et le canal déférent, annexés l'un à l'autre, sont enveloppés dans un repli du péritoine, dans lequel se montrent beaucoup de ramifications de vaisseaux sanguins; ce qui semblerait indiquer que cet appareil d'excrétion pourrait bien être encore, du moins à l'époque du rut, un organe modificateur de l'urine.

Le grand développement et le diamètre considérable des canaux qui le composent en font un premier réservoir de ce liquide excrémentitiel, qui y séjourne et distend ces canaux.

§ 9.

Dans la femelle de la même espèce, les canaux urinaires excréteurs sont beaucoup plus déliés, à parois minces et transparentes, et nullement gorgés d'une urine épaisse; de sorte qu'il est bien plus difficile de les apercevoir et de les distinguer des vaisseaux, sinon par leur défaut de ramifications.

Le premier forme l'origine de l'uretère, et les suivants viennent s'y réunir successivement[2].

§ 10.

L'appareil des canaux urinaires excréteurs est extrêmement

[1] Nous les avons trouvés à cette origine de $0^{mm},1$ jusqu'à $0^{mm},2$: leur grosseur moyenne est de $0^{mm},15$. Le maximum du diamètre de ces canaux dans leur trajet est de $0^{mm},71$.

[2] Voir la planche 2, figure 20.

développé dans la Salamandre noire. Ses canaux, dans le mâle de cette espèce, ont encore plus de diamètre que dans celui de l'espèce précédente; leurs parois sont encore plus épaisses et leur nombre plus grand : j'en ai compté vingt-cinq.

Le premier reste séparé du faisceau commun et reste annexé au canal déférent jusqu'à peu de distance du vestibule.

Ils se réunissent tous un peu moins tard que dans la Salamandre commune, après avoir diminué de diamètre, et composent enfin un court uretère, ouvert comme chez l'espèce précédente et les suivantes, dans le vestibule supérieur.

§ 11.

Chez les Tritons à crête mâles, on voit d'abord, à l'époque du rut, cinq canaux urinaires se détacher successivement de la partie la plus avancée du rein, et se porter isolément vers le déférent, dans lequel ils se terminent; seize à dix-huit autres sortent de même de la substance du rein, plus en arrière et très-rapprochés; se déploient au dehors, en restant parallèles; se dessinent sous la gaze noire qui les enveloppe par leur couleur blanc de lait; se contournent par eux-mêmes en se portant obliquement en arrière et en dedans, le long du déférent; ils se réunissent enfin très-près du cloaque et de l'extrémité de ce dernier canal, pour former un très-court uretère, dont l'embouchure dans le vestibule supérieur s'ouvre, ainsi que nous l'avons déjà dit, derrière la papille du canal excréteur du sperme. Ces canaux sont remplis d'une urine laiteuse composée de granules. Ils ne se terminent pas brusquement au bord externe du rein, comme l'ont cru M. Rathke, et l'académicien du Fay, qui ont pris cet appareil pour une vésicule séminale; mais ils se continuent avec les canaux urinaires superficiels de la substance du rein, ainsi que je l'ai démontré (§ 2) dans la description de la structure intime de cet organe.

Hors de l'époque du rut, l'appareil d'excrétion urinaire perd

de son volume. Les parois des canaux qui le composent sont moins épaisses, transparentes, et l'urine reprend sa couleur limpide ordinaire.

§ 12.

Chez les Tritons à crête femelles, ces canaux sont beaucoup moins gros; ils se réunissent aussi plus tôt pour former l'uretère. Leurs parois sont d'ailleurs minces et transparentes, ce qui les rend difficiles à apercevoir. Aussi l'urine de ces femelles est-elle limpide, comme celle des mâles hors de l'époque du rut.

§ 13.

Dans un mâle de Triton alpestre qui était à l'époque du rut, le même dont j'ai fait représenter le testicule (Pl. 1, fig. 3), j'ai trouvé l'appareil de canaux urinaires très-développé, et cependant difficile à découvrir. Caché derrière un péritoine noir, comme du crêpe, et très-reculé, ainsi que le rein, il se compose d'un petit nombre de gros canaux, qui se déploient comme à l'ordinaire hors du bord externe du rein, avant de se réunir en un seul uretère.

Ces canaux sont tellement minces et transparents dans la femelle, qu'on a peine à les apercevoir, parce qu'ils ne font que donner passage à une urine limpide; tandis qu'elle séjourne dans les canaux urinaires des mâles, à cause de sa consistance, qu'elle les remplit et les distend.

§ 14.

Dans le Triton ponctué mâle, l'appareil des canaux urinaires est très-considérable. Il y en a onze, dont les deux premiers, très-déliés, se rendent dans le canal déférent.

Ces canaux, à proportion aussi grands que chez les Salamandres, sont plus développés conséquemment, soit en longueur, soit en diamètre, que dans le Triton à crête.

§ 15. PARTIE HISTORIQUE.

Du Fay s'exprime ainsi qu'il suit, au sujet de l'appareil que nous venons de décrire :

« Les déférents aboutissent vers l'anus, à l'extrémité d'un petit faisceau de filets blancs qu'on peut regarder comme les vésicules séminales. Ce petit faisceau remonte le long du canal déférent et des reins. »

C'est évidemment d'après le Triton à crête que cette description a été faite.

M. Rathke fait connaître ces canaux avec détail. Il en indique seulement de quatre à six dans le Triton *palmatus*, quelques-uns de plus dans le *tæniatus*, de quinze à vingt dans le Triton *niger*. Il en signale un plus grand nombre dans la Salamandre terrestre.

Chacun de ces canaux, ajoute cet auteur, semble sortir du rein. Leur origine a lieu tout le long du bord externe de cet organe.

Malgré ces apparences, M. Rathke les détermine comme l'avait fait du Fay : ce sont, suivant cet auteur, des *annexes des déférents, les analogues pour les fonctions des vésicules séminales.*

Il est singulier qu'il n'ait pas eu l'idée de les rechercher chez les femelles, ou qu'il n'ait pu les y découvrir. Je suis persuadé qu'il y serait parvenu facilement, s'il eût repris, avec son expérience actuelle, ce premier travail.

C'était en 1820 qu'il publiait ses intéressantes recherches sur le développement des organes de la génération des Batraciens urodèles.

En 1824, MM. Prévôt et Dumas déterminaient plus heureusement ce même appareil, sans reconnaître toutefois sont contenu pour de l'urine, du moins à l'époque du rut et chez les mâles.

Cependant, M. J. Müller, dans son ouvrage si instructif sur la structure intime des glandes, persistait à regarder, avec M. Rathke, ces faisceaux de canaux urinaires comme des vésicules séminales, et il annonçait les avoir vues, avec son ami Rathke, sur un exemplaire d'axolotl du cabinet de Berlin [1].

§ 16. RÉSUME DU QUATRIÈME FRAGMENT.

Ce quatrième fragment comprend, en premier lieu, *une description détaillée des reins des Salamandres et des Tritons.*

1° On verra, dans le premier paragraphe, que leur forme et leur étendue varient d'un sexe à l'autre, et que leur couleur peut être très-différente chez les mâles durant l'époque du rut, ou hors de cette époque, suivant la nature de l'urine plus ou moins épaisse qui distend leurs canaux sécréteurs.

2° Dans un cas rare, j'ai trouvé les canaux urinaires de la substance du rein tellement injectés d'une urine épaisse, que j'ai pu reconnaître tous les détails d'arrangement et de structure de ces canaux.

Ces détails sur la structure intime des reins font le sujet de mon second paragraphe.

J'y montre que les reins des Salamandres et des Tritons se composent, comme ceux des Mammifères, de deux ordres de canaux. Les uns, que j'appelle *sécréteurs*, ont un plus petit calibre, sont blancs et forment des anses ou des replis assez longs et peu sinueux, quelquefois parallèles et arrangés en rosaces autour d'un ou plusieurs centres; les autres, que j'appelle *canaux modificateurs*, reçoivent l'urine des premiers et la transmettent dans les canaux excréteurs ou les uretères. Ils sont très-repliés,

[1] « In ranis et bufonibus appendices obveniunt vesiculis seminalibus comparatæ..... In « salamandris ubi H. Rathke organa illa accuratius descripsit, appendices longiores sunt et « tubuliformes.....
« Apte quidem organa illa cum vesiculis seminalibus comparantur.... » (*De glandularum, etc.*, p. 15, § 4. Leipsig, 1830.)

très-sinueux, et présentent l'aspect des circonvolutions cérébrales. Leur contenu est jaune. Ces derniers se voient à la surface inférieure des reins, du côté externe, et sur toute la face supérieure.

Ils répondent cependant aux tubes de Bellini, composant la substance des reins dite médullaire des Mammifères.

Les tubes sécréteurs se montrent dans notre exemplaire de la Salamandre commune, qui est un mâle, dans une bande longitudinale de la face inférieure des reins, du côté de la ligne médiane du corps. Ils sont séparés des tubes modificateurs par une ligne ou une série de petits corps sphériques, qui sont les glandules de Malpighi.

3° Ces glandules sont relativement volumineuses dans les reins des Salamandres et des Tritons; elles ont un diamètre moyen d'un demi-millimètre.

Leur description fait le sujet de mon troisième paragraphe. J'y montre qu'elles sont généralement superficielles et toujours en rapport avec les canaux sécréteurs. C'est à la face inférieure des reins qu'il faut les chercher, soit en série assez régulière dans la ligne médiane, comme chez le mâle de la Salamandre commune, soit dispersées irrégulièrement sur toute la surface de ce côté des reins comme dans le mâle du Triton à crête.

Ces glandules se composent d'une capsule dont les parois se continuent avec un canal sécréteur, ainsi que M. Bowman les a décrites dans plusieurs Mammifères, dans le perroquet, le *Boa constrictor*, et la Grenouille[1].

Mais je ne trouve pas dans la distribution de leurs vaisseaux une confirmation de la figure théorique que cet anatomiste a publiée, pour expliquer la circulation du sang dans les reins des animaux qui ont une veine-porte rénale.

Les vaisseaux afférents de plusieurs de ces glandules m'ont paru provenir des ramifications de cette veine et pénétrer dans les capsules par un ramuscule qui les contourne; il m'a paru

[1] *Annales des sciences naturelles*, deuxième série, t. XIX, p. 108 et 129, et pl. I et II.

une fois, en former la pelote vasculaire par ses ramifications, desquelles sort le vaisseau efférent [1].

Ma manière de voir confirme, il me semble, la détermination de la veine-porte rénale et démontre ses fonctions; elle était d'ailleurs indiquée déjà par la marche du sang dans cette veine, que j'ai eu l'occasion de constater, il y a plusieurs années, par des expériences très-simples [2], qui ont été répétées et multipliées par M. Martino.

Dans le paragraphe 4, je décris des amas irréguliers de corpuscules jaune-orange, annexés aux parois des veines rénales efférentes, et, en avant des reins, à celles de la veine-cave.

Ces corpuscules ont absolument la même composition que ceux des reins de Grenouille, que le docteur Gruby regarde comme leurs reins succenturiés [3].

Ce sont des agrégations de vésicules sphériques renfermant un amas de granulations également sphériques, ayant un certain degré d'opacité et conservant leur forme, lorsque la vésicule qui les contenait s'est rompue.

Les vésicules des corps graisseux, dont ces agrégations ont exactement la couleur, sont également sphériques et de même volume à peu près; mais elles ne renferment qu'une huile transparente de couleur d'ambre, sans granulations.

M. Gruby a bien voulu faire avec moi ces observations comparatives sur ces corps problématiques; elles sont indépendantes de la détermination donnée à ces corps chez les grenouilles par ce savant anatomiste.

Ce quatrième fragment comprend en second lieu, dans les paragraphes 7 à 14, la description détaillée d'un singulier appareil de canaux excréteurs des reins dans la Salamandre commune, dans la Salamandre noire et dans trois espèces de Tritons.

1° Cette description est précédée d'une introduction qui fait

[1] Voir les figures 18 et 19 de la planche 2.

[2] *Leçons d'anatomie comparée*, deuxième édit., t. VI, p. 255.

[3] *Annales des sciences naturelles*, t. XVII, p. 217, et pl. X, fig.

le sujet des paragraphes 1 à 6, dans laquelle je rappelle les rapports des canaux excréteurs des reins et des glandes spermagènes dans les animaux vertébrés en général, et chez les Batraciens anoures en particulier.

Ces rapports sont tels, chez les mâles de ces derniers, que l'uretère pourrait tout aussi bien être appelé canal déférent, puisque c'est à la dernière partie de ce canal qu'est annexée la vésicule séminale de ces animaux, et que les canaux séminifères vont le joindre à son origine et à travers le rein.

Chez les femelles, au contraire, l'uretère n'a aucun rapport avec l'oviducte.

2° Une première singularité touchant les canaux excréteurs des reins, chez les mâles des Salamandres et des Tritons, c'est qu'ils se dégagent en nombre variable, suivant les espèces, du bord externe du rein, et qu'ils ont un trajet plus ou moins long hors du rein, au lieu de se réunir immédiatement en un seul uretère annexé au rein, comme chez les Batraciens anoures.

3° Trois jusqu'à sept de ces canaux se dirigent vers le déférent et ne tardent pas à s'y terminer. L'urine qu'ils versent dans ce canal excréteur doit servir, au besoin, de véhicule aux spermatozoïdes.

4° Les suivants, en nombre également variable, selon les espèces, grossissent très-sensiblement à l'instant où ils se dégagent du rein, se déploient au dehors, sont d'autant plus longs qu'ils sortent du rein plus en avant, forment un faisceau considérable et ne se réunissent en un seul canal que très-près du vestibule, dans lequel ils s'ouvrent tout à côté du déférent.

Ces canaux sont distendus, à l'époque du rut, par une urine plus ou moins épaisse et laiteuse. Leur faisceau forme de chaque côté une sorte de réservoir, « que de célèbres anatomistes[1] regardent encore aujourd'hui comme une vésicule séminale, et sur le contenu duquel il restait de l'incertitude qu'il importait à la science de faire disparaître. » Ce faisceau singulier d'uretères

[1] MM. Rathke et J. Müller

n'a tout au plus de comparable et d'analogue, que celui des canaux excréteurs du pancréas des Pithons, que j'ai fait connaître, en 1832, dans mes Fragments sur l'organisation des serpents, dont l'Académie a bien voulu voter l'insertion parmi les Mémoires des savants étrangers, sur le rapport de M. E. Geoffroy-Saint-Hilaire.

5° Ces mêmes canaux excréteurs sont aussi nombreux chez les femelles, mais plus petits et transparents, par suite de la minceur de leurs parois et de la limpidité de l'urine qu'ils charrient; ils se réunissent plutôt en un seul uretère.

6° Ces différences sexuelles dans les canaux excréteurs des reins, jointes à celles que nous avons indiquées dans la forme et l'étendue de ces derniers organes, montrent incontestablement leurs rapports avec les organes de la génération chez les mâles de ces animaux.

7° En dernier résumé, ce quatrième fragment :

a. Fait connaître dans la forme des reins des Salamandres et des Tritons, et dans l'appareil singulier de leurs canaux excréteurs, des différences sexuelles très-sensibles.

b. On y trouve démontrés, pour la première fois, des rapports organiques très-singuliers entre les organes mâles de la génération, chez ces animaux, et les canaux excréteurs des reins.

c. On y verra que la structure intime de ces derniers organes est aussi compliquée que celle des reins chez les Mammifères, et qu'elle se compose de deux sortes de canaux sécréteurs, dont les uns sont en rapport avec les glandules de Malpighi, et dont les autres se continuent à la surface du rein avec les canaux excréteurs de l'urine.

Cette dernière circonstance organique démontre surabondamment que ces canaux excréteurs ne sont pas des vésicules séminales; ce que prouvait déjà leur existence chez les femelles comme chez les mâles de ces Batraciens urodèles.

APPENDICE

AUX FRAGMENTS SUR LES ORGANES GÉNITO-URINAIRES DES REPTILES ET DES AMPHIBIES, LUS À L'ACADÉMIE DES SCIENCES, DANS SES SÉANCES DES 30 JUILLET, 23 SEPTEMBRE ET 11 NOVEMBRE 1844.

(COMMUNIQUÉ A CETTE MÊME ACADEMIE DANS SA SÉANCE DU 5 JUIN 1848.)

Il y a près de quatre années que j'ai eu l'honneur de communiquer à l'Académie les fragments dont il est question dans le titre de cet Appendice.

Ces fragments s'impriment en ce moment pour le tome XI des Savants étrangers.

Le long intervalle qui s'est écoulé entre leur lecture et le moment actuel de l'impression rend nécessaires quelques additions à ce travail, devenu ancien dans cet espace de temps.

Je viens demander à l'Académie la permission de les lui lire et de les imprimer, avec la date d'aujourd'hui, à la suite de mes fragments.

Ces additions comprennent trois parties distinctes :

1° La première concerne les pierres vésicales des Chéloniens;

2° La seconde, les spermatozoïdes des Salamandres et des Tritons;

3° La troisième a pour sujet plus particulier quelques questions sur la structure et les rapports des reins et des organes génitaux de ces mêmes Amphibies.

PREMIÈRE PARTIE.

PIERRE VÉSICALE D'UNE TORTUE POLYPHÈME (*TESTUDO POLYPHEMUS*).

Cette pierre vésicale a été recueillie à Pensacola, par feu Lesueur, dans une Tortue polyphème. On sait que cette espèce habite particulièrement la Floride, et qu'elle passe pour s'y nourrir uniquement de substances végétales.

L'analyse de ce calcul avait, sous ce rapport, un certain intérêt : elle devait montrer jusqu'à quel point sa composition différerait des pierres vésicales des *Trionix*, qui sont très-carnassières. L'Académie me permettra de lui rappeler que ces dernières pierres vésicales ont fait le sujet de mon premier fragment.

Cette dernière analyse a été faite de même par M. Lassaigne, qui m'en a déjà remis le résultat sommaire le 19 juillet 1847 [1].

Ce calcul, d'un gris cendré, très-friable, se compose de

Acide urique	72,4
Ammoniaque	13,0
Chaux	1,0
Principes urinaires solubles dans l'eau et sels alcalins	13,6
	100,0

La grande proportion d'acide urique qui entre dans la composition de cette pierre vésicale de Tortue herbivore, comparée à

[1] Voici, d'ailleurs, les détails de cette analyse sur lesquels est fondé le résultat sommaire indiqué dans le texte :

Un gramme de ce calcul réduit en poudre fine a été mis en contact avec de l'eau distillée froide, qui s'est légèrement colorée en jaune brunâtre. Après plusieurs heures de contact, le liquide a été filtré et soumis à l'évaporation; il a laissé un résidu brun jaunâtre, d'une odeur urineuse et d'une saveur salée piquante. Ce résidu, dont le poids était de 0^{gr},136, soumis à un examen ultérieur, a présenté dans sa composition du *chlorure de sodium*, du *chlorhydrate d'ammoniaque*, de l'*urate d'ammoniaque*, un peu de *sulfate de chaux*, et *une matière organique azotée, brune et incristallisable*. Ces diverses substances, extraites par l'action de l'eau froide, appartiennent indubitablement à l'urine au milieu de laquelle le calcul vésical a pris naissance, et qui se sont trouvées retenues dans les pores de ce dernier.

La portion du calcul sur laquelle l'eau était restée sans action a été traitée à une douce

l'absence totale de ce principe immédiat dans les deux pierres de *Trionix*, qui sont carnivores, ne peut manquer d'attirer l'attention des savants qui s'intéressent aux questions de chimie organique. Si, d'un côté, ces observations ne se rapportent pas à celles qui ont été faites sur l'urine des animaux de ces deux régimes; de l'autre, elles sont conformes aux conclusions qu'on a cherché à déduire récemment sur la nature de leurs concrétions urinaires, du moins relativement aux mammifères et à l'espèce humaine [1].

Les savants qui connaissent les nombreux services que feu mon ami Lesueur a rendus aux sciences naturelles, n'hésiteront pas de mettre de ce nombre la découverte de ce calcul de Tortue polyphème, que la chimie a pu analyser, grâce à l'active intelligence de ce naturaliste zélé pour recueillir tout ce qu'il prévoyait pouvoir intéresser l'une ou l'autre branche de ces sciences.

C'est assez longtemps après la lecture de mes Fragments à l'Académie des sciences, que M. Lesueur retrouva dans ses collections cette pierre vésicale, et me la remit pour en faire l'usage que je croirais utile.

Qu'il me soit permis d'ajouter ici les regrets amers qu'a causés à tous les amis de la zoologie, et plus particulièrement à ceux

chaleur par une faible solution de potasse; ce nouveau liquide en a opéré presque entièrement la dissolution, en provoquant un dégagement de gaz ammoniaque, et en ne laissant qu'un léger résidu blanc grisâtre, qui, recueilli et séché, pesait 0^{gr},010. Mis en contact avec de l'eau acidulée par l'acide chlorhydrique, ce résidu s'est dissous avec une légère effervescence, et la dissolution qui en est provenue, saturée par l'ammoniaque, a précipité ensuite assez abondamment par l'oxalate d'ammoniaque: cette réaction dénote donc que ce résidu était formé de chaux en partie carbonatée.

La solution alcaline qui contenait la base de ce calcul a été sursaturée par l'acide acétique; elle s'est troublée en produisant un précipité blanc, floconneux, qui a diminué peu à peu de volume, s'est affaissé en se convertissant en une poudre cristalline, blanchâtre, qui a présenté tous les caractères de l'*acide urique*. La proportion de cet acide s'est élevée à 0^{gr},724.

En récapitulant les faits observés dans cette analyse on est autorisé à conclure que ce calcul était composé principalement d'*acide urique, en partie combiné à l'ammoniaque et à une petite quantité de chaux*. (Note communiquée par M. Lassaigne.)

[1] L'urine des herbivores ne renferme pas d'acide urique; mais, en place, on y trouve de l'ammoniaque, de l'urée et de l'acide hippurique ou benzoïque, § 86, p. 148, de la Chimie organique, etc.; par Justus Liebig, traduite par M. Charles Gerhardt. Paris, 1842.

On n'a jamais rencontré de concrétions d'acide urique chez les mammifères carnivores vivant à l'état libre ou sauvage. *Ibid.*, p. 155 et 156.

qui ont connu Lesueur, sa mort subite, arrivée au Havre, son lieu natal, au moment où il venait d'être nommé directeur du musée de cette ville, qu'il pouvait encore illustrer par l'importance scientifique qu'il aurait donnée à cet établissement.

Parmi les progrès nombreux que Lesueur a fait faire aux sciences naturelles, et plus particulièrement à la zoologie, comme collecteur dans les cinq parties du monde, comme modèle des peintres naturalistes, et comme savant dans la partie systématique ou classique de la zoologie, il faut surtout signaler et admirer sa liaison intime avec Péron, qu'il complétait comme naturaliste, et dont l'attachement réciproque, l'amitié sainte, uniquement en vue de la science, à laquelle ils avaient consacré toute leur existence, aurait mérité des statues dans l'antiquité.

DEUXIÈME PARTIE.

NOUVELLES OBSERVATIONS SUR LA VITALITÉ, LES MOUVEMENTS ET LA FORME OU LA STRUCTURE DES SPERMATOZOÏDES, DANS LA FAMILLE DES SALAMANDRES.

Mes propres observations ont montré que la forme singulière des spermatozoïdes du Triton à crête, découverte par MM. de Siebold et Dujardin, se retrouvait dans le Triton ponctué, dans le Triton alpestre, dans la Salamandre tachetée, et dans la Salamandre noire des Alpes.

On peut en conclure que cette forme caractérise toutes les espèces de cette famille, qui se distingue d'ailleurs des autres Batraciens par plusieurs circonstances importantes dans l'organisation de son appareil générateur, mâle ou femelle, et dans son mode de génération. Mais si la forme générale des spermatozoïdes a présenté le même caractère essentiel dans les espèces des deux genres de cette famille, chez lesquelles elle a pu être observée; elle a offert dans ces mêmes spermatozoïdes, suivant les espèces, quelques différences dans les proportions du corps

et de la queue, et dans la disposition de la spire annexée à cette dernière partie.

Ces différences, quelque faibles qu'elles paraissent, nous semblent importantes pour la théorie de la génération; elles nous montrent, dans l'élément mâle de la fécondation, et dans la profondeur de l'organisme, un moyen de conservation des espèces et l'un des obstacles immédiats à leur mélange fécond.

J'ai parlé de l'appendice de la queue comme d'un fil contourné en spirale. C'est ainsi que je l'ai décrit en 1844 dans mon troisième fragment, communiqué à l'Académie dans sa séance du 23 septembre [1] de cette même année.

Cependant, MM. Amici [2] et Pouchet [3] affirment que cet appendice, pris pour un fil par MM. de Siebold et Dujardin, est une crête dorsale, dont le bord est festonné et susceptible d'ondulations rapides, qui lui donnent cette apparence de fil tordu en spirale.

M. le rapporteur de la commission chargée d'éclairer l'Académie sur le mérite des observations de M. Pouchet, s'est tenu prudemment dans la réserve sur ces deux manières de voir, tout en manifestant cependant qu'il inclinait pour celle de MM. Amici et Pouchet, comme expliquant plus facilement les mouvements apparents de cet appendice. Voici, à ce sujet, les expressions du rapport :

« Les résultats de nos observations ne sont pas assez nets pour que nous puissions nous prononcer d'une manière positive sur cette question [4]. »

Cette incertitude, cette indécision, me laissant libre dans les convictions que j'ai acquises dès 1842-43 et 44, après des observations très-multipliées, j'ai cru cependant devoir les renouveler, pour voir si je me serais fait illusion, et si les apparences m'auraient trompé sur la réalité?

[1] Voir le compte rendu de cette séance, t. XIX, p. 594 à 597.
[2] Voir M. Manld, *Anatomie microscopique*, cahier du sperme.
[3] Séance de l'Académie des sciences du 5 mai 1845, t. XX des C. R. p. 1341
[4] C. R. de l'Académie, t. XXI, p. 636-638, 1846.

Mes nouvelles observations m'ayant donné des résultats intéressants sur la vitalité des spermatozoïdes, et ces résultats ayant été obtenus en décembre 1846, dans une saison qui paraîtra bien extraordinaire pour le rut de ces animaux, je commencerai par les faire connaître.

§ I. VITALITÉ ET MOUVEMENTS DES SPERMATOZOÏDES DES TRITONS.

1. Observations du 14 décembre 1846, faites sur un mâle de Triton à crête.

L'existence d'une bande argentée sur les côtés de la queue annonçait la persistance du rut chez cet animal, malgré la saison avancée.

Chaque testicule était séparé en deux lobes par un profond étranglement; l'un et l'autre de ces lobes étaient de couleur blanc de lait, de forme globuleuse, et laissaient apercevoir, à travers leur enveloppe transparente, un grand nombre de cellules polygonales.

Les capsules primaires contenues dans ces cellules renfermaient des écheveaux de spermatozoïdes, qui s'y mouvaient circulairement, comme autour d'un axe. Les têtes, ou les extrémités antérieures, étaient réunies du même côté, et c'était dans ce sens qu'avait lieu ce mouvement circulaire. Ces têtes, ou ces extrémités antérieures opposées à la queue, semblaient tenir à une masse granuleuse qu'elles transportaient avec elles ou poussaient devant elles.

Ces mouvements circulaires d'un écheveau de spermatozoïdes ont eu lieu hors de la capsule primaire comme dans cette capsule.

On aurait cru voir un paquet de fil de fer tourner sur lui-même.

On apercevait, dans ce transport de l'écheveau, que les mouvements du fil qui contourne la queue avaient lieu en sens inverse du mouvement de transport du spermatozoïde.

On remarquait un certain nombre de vesicules secondaires avec le faisceau ou les faisceaux s'agitant dans la vésicule primaire.

2. Observations du 15 décembre 1846.

Spermatozoïdes du même individu sujet des observations du 14 décembre.

Les spermatozoïdes ont perdu leurs mouvements de transport; ils ne conservent de mobilité que dans la spire. Celle-ci, chez la plupart, ne se voit plus que d'un côté et n'a plus l'air de contourner la queue, ou la partie du spermatozoïde à laquelle elle est attachée. Ses mouvements sont continus, égaux, uniformes. On dirait voir une veine de liquide couler régulièrement et formant des zig-zag ou une corde vibrante. En effet, un côté de chaque tour de spire paraît bien plus large (épais) que l'autre, comme les ondes d'une corde vibrante.

Ces mouvements de la spire ont lieu sans produire d'ébranlement dans le spermatozoïde.

Dans un groupe de deux spermatozoïdes, leurs queues se croisent un peu.

Lorsque la partie saillante de la spire de l'inférieur rencontre la partie saillante de la spire du supérieur, celui-ci est fortement soulevé; il s'abaisse subitement lorsque sa partie saillante s'engaîne dans la partie rentrante de l'inférieur.

Ces mouvements d'abaissement et de soulèvement font fléchir alternativement et étendre la queue du spermatozoïde supérieur sans la faire changer de place.

3. Observations du 18 décembre.

Quelques spermatozoïdes conservent le mouvement du fil; mais celui-ci est plus lent. Ces mouvements ont subsisté, conséquemment, passé quatre fois vingt-quatre heures après la mort du Triton.

4. Observations du 22 décembre 1846 sur un Triton ponctué.

Les spermatozoïdes furent pris sur un cadavre d'un animal mort le 19 par dessiccation. Il s'était échappé d'un vase où on l'avait placé, et fut retrouvé, deux jours après, tout sec dans un coin de mon laboratoire.

Le corps fut ouvert le 21.

Les spermatozoïdes, extraits du testicule et du canal déférent, étaient immobiles dans toutes leurs parties et paraissaient morts.

Le corps du Triton fut laissé dans l'eau jusqu'au lendemain 22 décembre.

Quelle fut ma surprise lorsque je vis nombre des spermatozoïdes, extraits ce jour-là des testicules ou des canaux déférents, montrer des mouvements dans leur spire.

Ces mouvements n'étaient revenus, à la vérité, chez plusieurs, que dans la partie antérieure de cette spire, environ dans le premier tiers ou le premier quart de sa longueur totale, jusqu'à un endroit où la spire semblait adhérer à la queue du spermatozoïde.

Chez d'autres de ces machines animées, les mouvements étaient tellement rapides, qu'on ne pouvait plus distinguer le fil, très-facile à reconnaître dans les observations précédentes. On aurait cru voir un torrent couler rapidement le long du côté convexe de la queue, depuis l'extrémité antérieure jusqu'à l'extrémité postérieure de cette partie.

5. Observations du 23 décembre.

Les spermatozoïdes du même Triton sont encore plus vivaces que le 22. Ceux qui sont détachés des écheveaux montrent, non-seulement des mouvements dans leur spire, comme le jour précédent, mais, de plus, des mouvements de reptation dans leur corps. Celui-ci manifeste, chez d'autres, un ébranlement général, par suite des vibrations du fil.

Tous ces mouvements sont détruits instantanément, en ajoutant une goutte de solution de morphine à l'eau.

6. Observations du 24 décembre.

A onze heures du matin, les spermatozoïdes extraits du même cadavre manifestent les mêmes mouvements que le 22.

A deux heures et demie, ils ont cessé généralement.

Une grande quantité d'infusoires s'est développée dans l'eau où le Triton est plongé.

§ 2. FORME ET STRUCTURE DES SPERMATOZOÏDES.

Ces spermatozoïdes sont en forme de fil. On y distingue toujours une partie plus épaisse, que nous appellerons le corps, et une partie plus déliée, que nous nommerons la queue.

C'est celle-ci qui doit avoir une crête dorsale ou une nageoire membraneuse festonnée, selon M. Amici, si j'en dois juger par la figure publiée par M. Mandl [1], et selon M. Pouchet.

La queue, au contraire, doit avoir, selon MM. de Siebold, Dujardin, et d'après mes propres observations, un appendice en forme de fil contourné en spirale, qui lui est attaché à son origine et paraît l'être encore à sa terminaison dans la plupart des cas.

Remarquons, en passant, que le corps du spermatozoïde a le tiers de la longueur totale dans le Triton à crête, et qu'il n'a guère que le quart de cette longueur dans le Triton ponctué.

Voici, d'ailleurs, les raisons qui me semblent militer en faveur de la dernière manière de voir, dans laquelle je persiste, après mes nombreuses observations; elles sont déduites:

1° *Des apparences visuelles.* — On ne découvre jamais de membrane tenant au corps; je n'ai, du moins, jamais pu en apercevoir, non plus que les plis en falbala figurés par M. Pouchet.

[1] *Anatomie microscopique*, pl. II, sperme 3.

Cette membrane, que ces plis rendraient visible dans sa largeur, mais qui serait surtout apparente dans son bord festonné, devrait se colorer par l'iode ou le bleu de Prusse. J'ai vainement essayé ces teintures.

On n'aperçoit jamais que l'apparence d'un fil festonné ou contourné en spirale.

Ces festons ou ces tours de spire sont assez réguliers pendant la vie dans toute l'étendue du fil; mais, après la mort, ils deviennent plus ou moins irréguliers et se séparent souvent du corps, en figurant des courbes de toutes sortes de formes, sans que l'on aperçoive jamais de lambeaux membraneux auxquels ils tiendraient. C'est toujours un fil apparent, différemment replié.

Je dois ajouter que, l'automne dernier, j'ai réitéré ces observations sur des spermatozoïdes de Triton à crête avec l'éclairage oblique de M. Nachet (par un prisme), adapté à mon microscope, qui est de G. Oberhæuser. Cet opticien était présent; je l'ai prié de me dire franchement et sans prévention aucune ce qu'il voyait; sa manière de voir a été exactement la mienne et celle de M. Focillon, mon préparateur au Collége de France.

J'ai prié également M. G. Oberhæuser, qui avait apporté au congrès des naturalistes à Aix-la-Chapelle, au mois de septembre dernier, la modification qu'il a eu l'idée de faire subir à son microscope, pour ce même éclairage oblique des objets, modification qui avait généralement paru très-importante aux naturalistes micrographes réunis à ce congrès; j'ai encore prié cet opticien de vérifier avec moi, et au moyen de sa nouvelle méthode d'éclairage, les observations précédentes.

Dans ces dernières observations, nous n'avons encore pu reconnaître autre chose qu'un fil contourné en spirale, autour de la seconde partie du corps du spermatozoïde, que nous désignons sous le nom de queue. Jamais ce fil ne nous a paru comme une sorte de bourrelet qui serait attaché à une crête membraneuse. Il ne nous a pas été possible d'apercevoir la moindre apparence, la moindre trace de cette prétendue crête.

Ma manière de voir est encore déduite :

2° *Des mouvements et de la vitalité du fil.* — Dans les observations précédentes, du mois de décembre dernier, nous avons vu les mouvements du fil se rétablir dans une première partie de sa longueur, seulement chez quelques spermatozoïdes, après que le cadavre d'un Triton ponctué, duquel ils ont été extraits, eut séjourné durant vingt-quatre heures dans l'eau. Chez d'autres spermatozoïdes, ces mouvements se sont étendus dans toute la longueur du fil, mais sans qu'on ait aperçu de mouvement de translation ou de reptation dans la partie principale du spermatozoïde (obs. 4 et 5).

Dans d'autres observations (n° 2), les mouvements du fil persistaient après que les mouvements de translation du spermatozoïde eurent cessé.

Cette indépendance de vie, cette persistance de vitalité du fil, est contraire, ainsi que les apparences visuelles, à l'idée d'une crête ou d'une nageoire membraneuse, dont la vie devrait être plus dépendante de celle du corps auquel cette membrane serait attachée.

Je persiste donc, je le répète, dans ma première manière de voir : c'est un simple fil, dont les propriétés vitales, indépendantes, jusqu'à un certain point, du corps auquel il est attaché, sont comparables, sous ce rapport, à celles des cils vibratiles.

Me rappelant, en effet, que les cils vibratiles se meuvent plus ou moins longtemps après la mort des animaux, cette persistance de mouvement dans la spire, après la cessation de toute espèce de mouvement dans le corps et la queue du spermatozoïde, m'a fait naître l'idée que le fil dont cette spire est formée serait un *long cil vibratile*, dont les vibrations plus ou moins rapides, partant de son point d'attache antérieur, peuvent faire comprendre toutes les apparences que ces mouvements présentent. Cette hypothèse me paraît la seule propre à expliquer les phénomènes que j'ai rapportés dans les observations précédentes.

TROISIÈME PARTIE

DE L'ÉPIDIDYME ET DES URETÈRES DES SALAMANDRES ET DES TRITONS.

§ I. DE L'ÉPIDIDYME ET DE SES RAPPORTS AVEC LE REIN.

Avant de parler de l'épididyme et de ses rapports avec le rein, je dois rappeler, en peu de mots, jusqu'à quel point j'ai pu avancer la connaissance de la structure intime des reins en général, par l'étude que j'ai faite de cette structure sur les reins des Salamandres et des Tritons.

Dans l'ouvrage si remarquable sur la structure intime des glandes, publié par M. J. Müller, en 1830, où l'on trouve l'état de la science jusqu'à cette époque, il n'est pas question des reins de ces animaux à l'état adulte. Seulement, la figure 10 de la planche XIV montre la structure des reins dans une larve de Triton.

Ils se composent, à cette époque de la vie, de plusieurs séries de vésicules, qui deviendront plus tard des tubes, selon le texte explicatif de cette figure.

Les corpuscules ou les glandules de Malpighi de ces mêmes animaux n'ont point été décrits dans cet ouvrage.

M. Bowmann les passe aussi sous silence dans sa publication très-importante sur la structure et les fonctions des glandules des reins ou corpuscules de Malpighi, qui a paru en 1842, dans les Transactions philosophiques de la société royale de Londres. Ce dernier anatomiste a étudié particulièrement cette structure dans les Grenouilles, parmi les Amphibies; il ne dit rien de celle des Salamandres et des Tritons.

Il s'est surtout appliqué à faire connaître les divisions des vaisseaux sanguins capillaires qui forment les touffes qui entrent dans la composition des corpuscules de Malpighi et des réseaux qui entourent ces tubes ou canaux urinaires, et à déterminer

leur nature artérielle ou veineuse, ou celle de vaisseaux afférents et efférents.

Quant à ceux qui forment les corpuscules de Malpighi, il a cru pouvoir décider qu'ils sont renfermés à nu dans la capsule qui est l'origine des tubes urinifères.

Mon travail sur les reins des Salamandres et des Tritons, que j'ai eu l'honneur de communiquer à l'Académie, dans sa séance du 11 novembre 1844, et dont un extrait a été publié dans le compte rendu de cette séance[1], doit prendre date après celui de M. Bowmann, et avant les publications de 1845 et de 1846, dont je parlerai tout à l'heure.

J'y décris en détail les corpuscules de Malpighi; leur plus grande dimension, qui atteint $\frac{1}{2}$ millimètre[2]; leur position superficielle à la face inférieure des reins; leur disposition assez générale en séries plus ou moins régulières dans la ligne médiane de cette face inférieure; leur dispersion plus rare, dans d'autres cas sur une plus grande largeur de ce même côté du rein.

J'ai compris, dans ce travail, sous le nom de glandules de Malpighi, non-seulement le réseau capillaire sanguin, aboutissant d'une artériole afférente, et point de départ d'une veine efférente, qui constitue la pelote vasculaire de chaque corpuscule; mais encore la capsule membraneuse qui renferme ce corpuscule, ainsi que l'avait vu M. Bowmann, et qui se continue avec un canal urinaire sécréteur.

J'ajoute qu'une partie des derniers ramuscules des veines afférentes ou de la veine-porte rénale, qui se distribue dans le rein à la manière des artères, contournent les vésicules de ces glandules, et que je crois en avoir vu qui pénétraient dans leur cavité. Au reste, cette pénétration n'est pas nécessaire pour leur emploi dans la sécrétion. Il suffit que ces ramuscules de la veine-

[1] T. XIX, p. 955 et 956.

[2] M. Bowmann ne l'estime, dans les Grenouilles, qu'à $\frac{1}{150}$ de pouce anglais pour la dimension moyenne.

porte rénale entourent de leur réseau capillaire, ainsi que je l'ai constaté et fait représenter, les capsules glanduleuses dont il est question.

Les figures 18 à 19 de la planche II, que j'ai eu l'honneur de montrer à cette époque à l'Académie, représentent cette disposition et une partie de la structure de ces glandules, telle que je l'ai observée.

Dans une autre figure (la dix-septième de la planche II), j'ai montré que les reins des Salamandres se composent de deux sortes de canaux: les uns sont la continuation des capsules qui entrent dans la composition des glandules de Malpighi; les autres se continuent immédiatement le long du bord interne de chaque rein, avec de nombreux uretères.

Plusieurs de ces circonstances importantes sur l'organisation intime des reins et des Salamandres et des Tritons, ont été décrites pour la première fois dans mon travail.

Je ne sais s'il a pu donner l'idée à M. Bidder, professeur à Dorpat, de choisir les Tritons pour les recherches qu'il a entreprises l'année suivante et qui ont été publiées, sous forme de lettre, dans les Archives de M. J. Müller pour 1845. Cette lettre de M. Bidder, est du 25 septembre; elle a conséquemment près d'une année de date postérieure à ma publication.

Cet anatomiste annonce que la partie antérieure des reins dans les Tritons est particulièrement bien disposée pour les observations microscopiques sur la structure intime de ces organes.

Son but principal a été de rechercher si les corpuscules de Malpighi étaient à nu dans les capsules qui sont l'origine des canaux sécréteurs des reins, ou s'ils y seraient comme envaginés? L'observation directe, très-difficile dans ce cas, et des raisonnements que je crois fort justes l'ont décidé en faveur de cette dernière opinion.

Telle est la conclusion de ces recherches, qui ramènent la structure des glandules de Malpighi à la composition générale

des autres glandes, dans laquelle on voit toujours les vaisseaux apportant à l'organe les matériaux de sa sécrétion, séparés par une membrane de la capacité qui renferme son produit.

C'est cette membrane qui est proprement l'agent intermédiaire nécessaire de toute sécrétion.

Après cet historique sur la structure intime des reins, je pourrai faire comprendre ce que j'ai à dire sur l'épididyme et sur ses rapports avec le rein et le canal déférent.

J'ai constaté l'existence de l'épididyme dans la Salamandre noire des Alpes, dans la Salamandre tachetée et plus récemment dans la Salamandre marbrée; je l'ai observé de même dans les Tritons à crête, alpestre et ponctué.

Il se présente sous la forme d'une chaînette composée de plusieurs canaux séminifères très-repliés qui règne, parallèlement au testicule, depuis le rein en arrière jusqu'au delà de la glande spermagène, en avant. Il se distingue du rein, qui est le plus souvent d'un rouge-brun, par sa couleur d'un blanc opalin, sa forme étroite et aplatie et par son peu d'épaisseur.

On voit se détacher de sa partie la plus avancée un premier conduit séminifère efférent, pour se continuer, après avoir fait un coude, comme canal déférent.

L'épididyme reçoit successivement des testicules plusieurs canaux afférents séminifères, le plus souvent par l'intermédiaire d'un canal commun qui lui est parallèle.

Ce même épididyme envoie, non-seulement un premier conduit séminifère qui semble constituer le canal déférent, comme dans les vertébrés supérieurs; mais encore une série de plusieurs autres, en nombre variable, qui s'en détachent dans toute sa longueur.

L'existence de l'épididyme dans la famille des Salamandres les rapproche des Reptiles propres, et vient s'ajouter aux autres caractères qui séparent cette famille de celle des Grenouilles et des Crapauds, ou des Batraciens anoures.

Le même M. Bidder, auteur de la lettre sur la structure

intime des reins, a publié, en 1846, un mémoire plus étendu, ayant pour titre : *Recherches d'anatomie comparée et d'histologie sur les organes génito-urinaires des Amphibies nus*[1].

Je me flatte encore que mon travail pourrait bien avoir donné lieu à celui-ci, tant ce jeune anatomiste a l'air d'accepter à regret les découvertes que comprend ce mémoire, et cherche à défendre les justes critiques des fautives déterminations que j'avais eu l'occasion d'y redresser.

Il m'accorde cependant, dans la partie historique de cet ouvrage, d'avoir introduit, » dans la description de l'appareil générateur des Tritons, un organe (l'épididyme) qui était resté complétement inconnu aux anatomistes, et d'avoir, par cette découverte, montré d'une manière satisfaisante la voie, encore incertaine jusque-là, par laquelle la semence passe du testicule dans le canal déférent (p. 17). » Je n'ai fait que traduire ses expressions.

Mais dans la suite du texte de ce mémoire, qui comprend les propres recherches de M. Bidder, la détermination de l'organe que j'ai reconnu comme l'épididyme, n'est pas telle que je l'ai admise. Il appelle cet organe *faux rein*, attendu qu'il affirme y avoir vu un certain nombre de corpuscules ou plutôt de capsules de Malpighi.

Disons d'abord que l'espèce de Triton sur laquelle il a fait ses recherches, est le Triton *tæniatus*, que je n'ai pas eu à ma disposition. Averti par la lecture de ces recherches, dont je n'ai eu connaissance par la librairie qu'en 1847, j'ai revu avec soin la structure des reins et de l'épididyme de la Salamandre commune, de la Salamandre marbrée, des Tritons à crête, alpestre et ponctué.

Dans aucun des exemplaires de ces espèces que j'ai eus à ma disposition, excepté dans un petit nombre d'exemplaires appartenant au Triton à crête, je n'ai pu reconnaître ce mélange, cet

[1] Cet ouvrage, écrit en allemand, se compose de soixante et douze pages in-4° de texte et de trois planches. Il a paru à Dorpat en 1846.

enchevêtrement de l'épididyme, avec les capsules de la sécrétion de l'urine découvertes par M. Bidder; mais j'y ai vu par-ci par-là quelques rares dilatations vésiculeuses, sphériques ou oblongues des conduits séminifères qui composaient exclusivement l'épididyme.

Si l'on se rappelle la structure compliquée des reins, telle que je l'ai décrite, on trouvera que cette fusion des deux organes, ainsi que M. Bidder l'admet dans l'épididyme, qui est, je le répète, pour cet anatomiste, un faux rein, n'est guère possible régulièrement, et n'a lieu, pour ainsi dire, que par accident et par suite d'un développement anormal de l'un et l'autre organe.

C'est ainsi que je comprends l'existence de quelques capsules de Malpighi que j'ai trouvées dans l'épididyme d'un petit nombre d'exemplaires seulement du Triton à crête. Encore étaient-elles transparentes, décolorées, et ne montaient-elles pas évidemment du peloton artériel, en même temps que celles des reins étaient d'un rouge encore plus foncé que ces organes.

Ces rares capsules de Malpighi dans l'épididyme différaient encore de celles des reins par un plus petit volume, et parce qu'elles n'étaient pas encadrées dans une fossette de la même forme.

Ces caractères équivoques démontrent, à mes yeux, qu'elles n'existent que par la suite d'un développement accidentel et anormal.

Je demande la permission d'ajouter ici quelques-unes de mes observations particulières.

Dans un premier exemplaire de Triton à crête, je n'ai pu découvrir qu'une seule capsule de Malpighi dans un des deux épididymes.

Dans un second exemplaire de la même espèce, j'ai reconnu, dans la partie de l'épididyme la plus rapprochée du rein, quatre corpuscules de Malpighi; il n'y en avait pas dans le reste de l'étendue de cet organe.

Le 16 juillet 1847, un mâle de Triton à crête avait un épidi-

dyme dont la couleur blanche contrastait, comme à l'ordinaire, avec le rouge du rein. On y remarquait cependant quelques corpuscules de Malpighi, décolorés, n'ayant qu'une légère teinte rougeâtre, tandis qu'ils étaient d'un rouge pourpre dans le rein. D'autres vésicules incolores, transparentes, paraissent appartenir au système des canaux séminifères.

Dans un autre exemplaire, observé le 19 juillet 1847, j'ai compté dans l'épididyme quatre capsules de Malpighi; elles étaient à peine colorées, tandis que celles du rein étaient d'un rouge foncé.

Vendredi dernier (26 mai), j'ai encore examiné deux mâles de Triton à crête très-vivaces, et qui commençaient à avoir une légère teinte argentée sur les côtés de la queue, signe du rut lorsque cette bande d'argent est très-prononcée. Ils n'avaient que des granulations dans les glandes spermagènes, et le canal déférent était de même vide de spermatozoïdes.

L'épididyme, difficile à voir à cause de son peu de développement et de sa couleur d'un blanc opalin, n'avait pas la moindre trace de corpuscules de Malpighi; mais j'ai remarqué dans l'un de ces organes, parmi les circonvolutions nombreuses des canaux spermatiques qui le composent, deux dilatations vésiculeuses, l'une sphérique, l'autre oblongue.

§ 2. DES URETÈRES

J'ai dit, dans mon mémoire, que les reins étaient composés de deux sortes de canaux urinaires : les sécréteurs, qui sont la continuation immédiate des capsules de Malpighi, et les canaux que j'ai appelés modificateurs, qui se continuent évidemment le long du bord externe du rein avec les uretères. Les premiers de ceux-ci se rendent immédiatement dans le canal déférent; les autres, plus développés, se portent en arrière, en restant, pour ainsi dire, concentriques entre eux, et se réunissent, très-près du vestibule, en un gros tronc qui s'y termine à côté de l'orifice du déférent.

Cet appareil existe aussi chez les femelles; mais il y est moins développé.

Cette circonstance et les rapports de chaque uretère avec les canaux urinaires des reins, dans l'un ou l'autre sexe, sont décisifs en faveur de la détermination de ces canaux, comme excréteurs des urines, et contre celle qui les regardait comme des vésicules séminales.

Cependant M. Bidder, qui convient qu'ils sont la continuation des canaux urinaires des reins, persiste à vouloir les appeler, avec MM. J. Müller et Rathke, vésicules séminales, parce qu'il a découvert des spermatozoïdes dans leur contenu.

Par la même raison, on pourrait appeler vessie séminale la vessie urinaire, dans laquelle j'ai trouvé un amas de spermatozoïdes très-vivaces.

MM. Prévost et Dumas, dans leur travail si remarquable pour l'époque de 1826, où il a paru dans les Annales des sciences naturelles, paraissent aussi avoir examiné avec soin ce contenu à l'instant du rut des Tritons. Cette urine épaisse, blanc de lait, que je crois modifiée chez les mâles pendant le moment du rut, et qui prend alors, à peu près, les caractères de l'urine des Reptiles sauriens ou ophidiens, avait embarrassé les auteurs de ce travail célèbre. Ce n'est, ont-ils dit après son examen, et n'y ayant pas trouvé de spermatozoïdes, ni de l'urine, ni de la semence.

J'ai souvent, quoi qu'en dise M. Bidder, examiné au microscope ce contenu des uretères, à l'époque du rut et hors de cette époque. Dans le premier cas, je l'ai trouvé granuleux, sans spermatozoïdes; tandis qu'il y en avait dans le testicule. Cependant, je suis persuadé qu'ils peuvent pénétrer du canal déférent dans les uretères et s'y mêler à l'urine, sans qu'on ait l'ombre de raison de changer la détermination de ces uretères et de les regarder comme des vésicules séminales.

Enfin, leur tronc commun, je l'ai déjà dit, a un orifice séparé du canal déférent dans le vestibule, en arrière de ce dernier, ainsi qu'on peut le voir dans la figure 9 de notre

planche I; M. Bidder ne leur accorde qu'un orifice commun.

J'ai trouvé, enfin, dans la forme des reins des mâles et des femelles, et dans les rapports plus intimes entre les organes urinaires et ceux de la génération chez les premiers, quelques différences qui m'ont paru importantes, et dont les conséquences physiologiques sont, à mon avis, d'un grand intérêt.

L'auteur cité, prenant l'épididyme pour un faux rein, n'adopte pas que la partie étroite du rein chez les femelles, qui correspond à l'épididyme des mâles, doive être distinguée de ce prétendu faux rein; cependant, ici il n'y a pas de traces de canaux séminifères.

La publication de M. Bidder a sans doute beaucoup de mérite de détails, puisque ses recherches se sont étendues sur toute la classe des Amphibies. Cependant, les observations nombreuses que j'ai réitérées, après que j'ai eu connaissance de cette publication, n'ont fait que me confirmer dans mes premières déterminations.

L'organe que j'ai regardé comme un épididyme en a tous les caractères; il appartient essentiellement au testicule; il en rassemble les canaux séminifères efférents. *Ce n'est pas un rein, ni même un faux rein, selon la détermination de M. Bidder.*

Le *canal déférent*, qui reçoit quelques canaux urinaires, est bien distinct des uretères jusqu'à sa terminaison; de même que l'ovaire l'est chez les femelles, contre l'avis et les observations de M. Bidder.

Les *uretères* ne sont pas plus des vésicules séminales chez les mâles que chez les femelles.

Les reins des femelles ont en avant une partie étroite qui tient la place de l'épididyme chez les mâles, et qui est pourvue, comme celle qui la suit, de glandules de Malpighi.

En général, leur masse m'a paru moins épaisse et moins compacte chez les femelles que chez les mâles. J'ai déjà remarqué que si chez les femelles le rein avait en avant une partie étroite et longue qui manque aux mâles; chez ceux-ci la partie la

plus épaisse du rein se portait plus en arrière dans le bassin.

Sous tous les rapports, je regrette d'être en dissentiment avec l'anatomiste dont les critiques avaient dû fixer mon attention[1].

[1] Ses critiques d'ailleurs sont frappantes par les contradictions. En voici un exemple : page 33 note I, cet auteur dit, sans le savoir, que je n'ai pas employé le microscope pour étudier l'épididyme. On lira plus bas page 35, note I. D. *Qui s'est d'ailleurs servi du microscope dans beaucoup de cas*, n'en a pas fait usage pour observer le contenu des urétères. Encore une présomption erronée !

EXPLICATION DES FIGURES.

PLANCHE I.

Fig. 1. Testicule gauche du Triton à crête, vu par dessous.
Fig. 2. Testicule du même renversé à droite et vu par sa face supérieure
Fig. 3. Testicule du Triton *alpestris*, Laur.

Dans ces trois figures *t*, *t'* et *t''* indiquent le testicule et ses différentes parties;

e. L'épididyme.
d. Le canal déférent.
f. Les canaux séminifères efférents.
g. Le corps graisseux.
p. Une partie du poumon du même côté, tenant au testicule par un ligament du péritoine.

Les figures 4 et 5 sont destinées à faire voir, plus en détail que les précédentes, les rapports des canaux séminifères avec l'épididyme et de celui-ci avec le canal déférent; toutes deux appartiennent au Triton à crête, non en rut, et dont le testicule n'était pas divisé en lobes.

p. Est l'extrémité du poumon tenant au testicule.
t. Le testicule : *s-1* à *s-v* sont cinq canaux séminifères, qui se réunissent à un canal commun dont les courtes branches se rendent dans l'épididyme.
e e. Indiquent les deux extrémités de l'épididyme.
c. Est un premier canal qui sort de l'extrémité antérieure de l'épididyme pour former la partie la plus avancée du déférent.
ci-ci. Sont des canaux séminifères intermédiaires entre l'épididyme et le canal déférent; il y en a 17.
l. Ligament qui suspend la tête du canal déférent au haut de la cavité thoraco-abdominale.
cd. Canal déférent.

r. Le rein.

cm. Corpuscules de Malpighi.

Fig. 5. Tête de l'épididyme précédent, plus grossie.

On y voit le premier séminifère (*c* de la figure 4) et le premier séminifère intermédiaire; (*s-s*) sont deux canaux séminifères afférents qui se dilatent (*dd*) en arrivant dans l'épididyme.

cm. Est un corpuscule de Malpighi, le seul que j'aie trouvé mêlé à l'épididyme, comme une trace du développement du corps de Wolff.

Fig. 6. Corpuscules de Malpighi contenus dans leurs vésicules, avec les canaux urinaires qui en sortent, observés dans la partie antérieure du rein.

Fig. 7. Cinq capsules primaires ou poches glanduleuses du testicule d'un Triton à crête.

Fig. 8. Capsules secondaires ou génératrices des spermatozoïdes, contenues dans une des capsules précédentes.

Fig. 9. Vue intérieure du vestibule génito-excrémentitiel du Triton à crête, ouvert par la paroi inférieure, en suivant la fente du cloaque. La verge *p.p.* a été séparée dans ses deux moitiés.

r. Est le rectum,

v. La vessie urinaire.

vt. Le vestibule.

d. Le canal déférent. — *d'.* Son orifice.

uc. Tronc commun des uretères.

u'. Son orifice dans le vestibule.

u-1-7 à *ur.* Uretères se réunissant à leur tronc commun.

Fig. 10. Rapports des divers canaux qui s'ouvrent dans le vestibule, dans une femelle de Triton à crête.

u. Uretères. — *o.* Oviductes.

r. Le rectum. — *v.* Vessie urinaire.

c. Le vestibule. — *o-c.* Fente intérieure du vestibule.

Les figures 11, 12 et 13 représentent les *prostates abdominale* et *pelvienne*, le *vestibule génito-excrémentitiel* et la verge du Triton à crête.

Dans toutes les figures:

pr. Est la prostate abdominale.

pr'. L'extrémité de ses tubes excréteurs.

pp. La prostate pelvienne, ou vestibulaire supérieure.

ps. La prostate vestibulaire proprement dite.
dd. Les conduits déférents
u. La vessie urinaire.
rt. Le rectum.
or. Orifices du côté gauche des canaux excréteurs de la prostate abdominale.
or'. Série des orifices sur la ligne médiane de la prostate pelvienne.
vg. La verge.
b. Orifice du canal déférent du côté droit dans le cloaque supérieur.

Fig. 14. Écheveau de spermatozoïdes, tels qu'ils se présentent lorsqu'on fait éclater, par le compresseur, la capsule qui les contient.

PLANCHE II.

Fig. 15. *Testicule gauche d'une Salamandre commune* en plein rut, représenté par la face inférieure et grossi cinq fois.
a. Est l'extrémité antérieure, et *b* l'extrémité postérieure.
t.t.t. Le testicule ou la glande spermagène.
g-g. Corps graisseux.

On a représenté en *g'* et *g''* le réseau vasculaire sanguin à mailles très-fines qui le constitue en partie. Au milieu des mailles de ce réseau sont les parties huileuses, qui paraissent transparentes; tandis que le sang, coagulé dans les vaisseaux, paraît jaune-orange à travers leurs parois.

Le réseau qui se dessine à la surface du testicule a ses mailles plus grandes. On voit les ramifications des vaisseaux sanguins suivre les contours des cellules.

r. Est un rameau vasculaire qui se détache de la branche principale, rampe entre plusieurs cellules et ne se ramifie que sur le bord des suivantes.
x. Branche principale qui fournit les rameaux du testicule et du corps jaune.

c.c. Capsules primaires remplies de spermatozoïdes qui sont sortis de leurs capsules génératrices.

d. Capsule primaire avec les capsules génératrices.

Les figures 16 à 22 sont relatives à la structure des reins et à la disposition de leurs canaux excréteurs.

Cependant la figure 16 donne encore la disposition des prostates vestibulaires de la Salamandre commune.

Cette figure représente tout l'appareil génito-urinaire de cette espèce, vu par la face dorsale.

pvi. Est la prostate vestibulaire inférieure.

pvs. La prostate vestibulaire supérieure, qui répond à la prostate pelvienne des Tritons.

r. Les reins.

vu. La vessie urinaire.

t. t. Les testicules.

pm. La fin du poumon droit.

x. La ligne où l'épididyme finit et où commence le rein.

df. Le canal déférent.

ss. Les canaux séminifères qui vont de l'épididyme à ce canal.

1, 2, 3, 4, 5. Les premiers canaux urinaires qui se dégagent du rein et se rendent dans le déférent.

cu. Le faisceau des canaux urinaires qui ne se réunissent à un canal commun que très-près du vestibule, pour s'y terminer.

Fig. 17. Portion du rein droit d'une Salamandre commune mâle, prise en septembre 1844. Cette portion est vue par la face inférieure.

rs. Rosaces des canaux sécréteurs.

csm. Canaux modificateurs.

cm. Capsules ou glandules de Malpighi.

cu. Canaux urinaires excréteurs en continuité évidente avec les canaux urinaires modificateurs superficiels.

Les figures 18 et 19 sont celles de deux corpuscules de Malpighi.

vp. Est un vaisseau afférent de la veine-porte rénale.

ef. Un vaisseau efférent. Il y a dans la gravure, par erreur, *af.*

cu. Un canal urinaire continuation de la capsule de ces corpuscules vasculaires.

Fig. 20. Esquisse des reins de femelle de Salamandre commune, pour faire voir la différence dans la disposition et le développement des canaux excréteurs.

uu. Sont ces canaux.

Fig. 21. Même esquisse pour les reins du Triton à crête femelle.

u. Canaux urinaires.

vp. Branche de la veine-porte rénale.

Fig. 22. Portion d'un de ces reins pour en montrer la structure intime.

On y distingue, comme dans la figure 18 du mâle, les canaux sécréteurs, qui sont blancs, des canaux urinaires modificateurs, qui sont jaunes et plus gros; on y voit encore la ligne des glandules de Malpighi.

vp. Est un rameau de la veine-porte rénale dont les ramuscules se rendent dans ces glandules.

La figure 23 représente un groupe de tubes sécréteurs d'une palme appartenant à l'organe que j'ai découvert et que je nomme prostate vestibulaire interne.

Les tubes *b*, *c*, *d*, *e*, *f*, ne sont dessinés qu'au trait. Le tube *a* est tel qu'il paraît, avec son contenu, qui s'aperçoit à travers ses membranes transparentes.

L'humeur prostatique de ces tubes est représentée même figure (*i*) avec ses vésicules remplies de granulations.

La structure de toutes ces prostates est la même : ce sont toujours des tubes renfermant une humeur ayant le même caractère et une apparence conforme à celle des prostates du Hérisson.

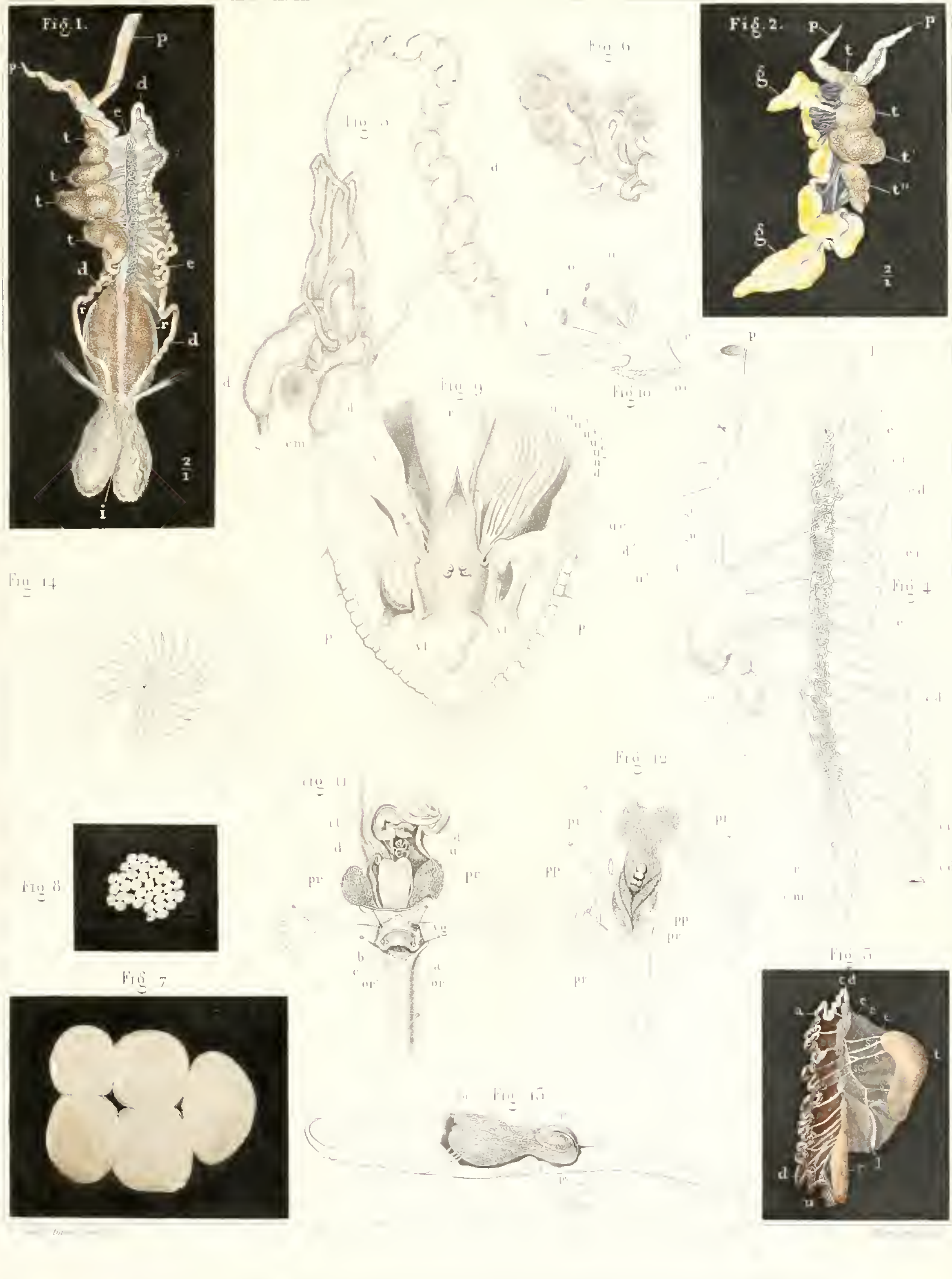
Les figures 24 à 31 représentent les spermatozoïdes de la Salamandre commune et des Tritons.

Dans toutes ces figures, le corps est très-distinct de la queue.

On voit dans celui-ci un canal intérieur, ou du moins une ligne médiane transparente, et même colorée chez plusieurs que nous avons conservés entre deux verres; tandis que la queue présente une apparence homogène.

Fig. 24. Un spermatozoïde du Triton ponctué, desséché et brisé, montrant la continuité du fil, indépendante de celle du corps.

Fig 25. Trois spermatozoïdes du Triton ponctué, dans l'état de vie.



ORGANES GENITO-URINAIRES DES SALAMANDRES ET DES TRITONS

Fig 18

Fig 19

Fig 17

Fig 28

Fig 27

Fig 31

Fig 30

Fig 29

Fig 26

Fig 25

Fig 15

Fig 24

Fig 22

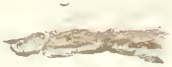


Fig 20

Fig 21

Fig 16

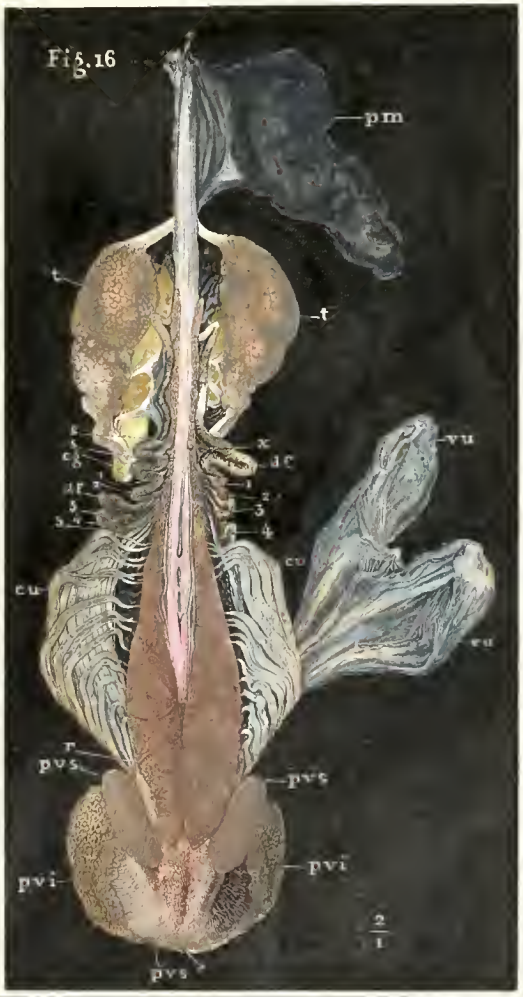
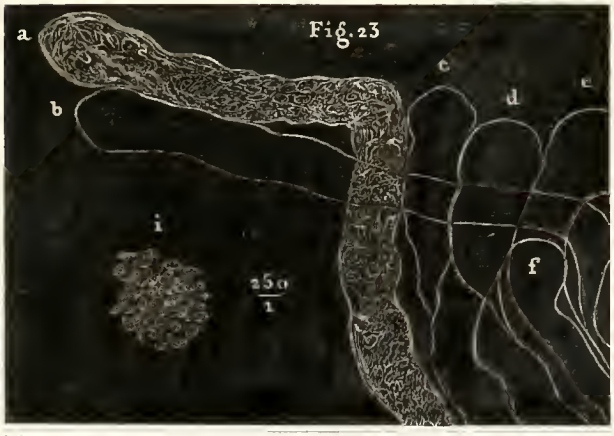


Fig 23



ORGANES GENITO-URINAIRES DES SALAMANDRES ET DES TRITONS

NATURAL HISTORY.

Fig. 26. Spermatozoïde de la même espèce dont le fil a été écarté du corps par un autre individu.

Fig. 27. Trois spermatozoïdes de Salamandre commune.

Fig. 28 et 31. D'autres spermatozoïdes provenant de la même espèce, mais dans lesquels on n'a pas aperçu le fil en spirale, faute d'un grossissement suffisant.

Fig. 29. Deux spermatozoïdes du Triton à crête.

Fig. 30. Spermatozoïde du Triton ponctué, dans lequel la partie antérieure de la spirale présentait seule des mouvements; le fil, au point où cessait le mouvement, semblait être collé au corps.

MÉMOIRE

SUR

LA REPRÉSENTATION GÉOMÉTRIQUE

DES FONCTIONS ELLIPTIQUES ET ULTRA-ELLIPTIQUES;

PAR M. J. A. SERRET.

INTRODUCTION.

On sait depuis longtemps que les arcs de la lemniscate sont exprimables par des fonctions elliptiques de première espèce, de module $\sqrt{\frac{1}{2}}$, et, par suite, qu'ils peuvent être ajoutés ou retranchés entre eux, multipliés ou divisés algébriquement, de la même manière que les arcs de cercle. Cette propriété remarquable, commune au cercle et à la lemniscate, n'a été constatée jusqu'ici chez aucune autre courbe algébrique. A la vérité, Legendre, qui s'est occupé de cette question, a formé l'équation d'une courbe algébrique du sixième degré, dont l'arc s'exprime par une fonction elliptique de première espèce, augmentée d'une quantité algébrique, qui peut disparaître en prenant convenablement les extrémités de l'arc, mais qui, n'étant pas nulle en général, empêche la courbe d'offrir une représentation parfaite de la première transcendante elliptique. J'ai moi-même démontré, dans

ces derniers temps, que l'arc de la courbe connue sous le nom d'*ellipse de Cassini*, et dont la lemniscate n'est qu'un cas particulier, se présente sous la forme d'une fonction *abélienne*, décomposable en une somme ou une différence de deux fonctions elliptiques complémentaires de première espèce, et même que cet arc est exprimable à l'aide d'une simple fonction elliptique, si l'une de ses extrémités est convenablement choisie, l'autre ayant été prise arbitrairement; mais cette propriété est également loin d'être identique à celle de la lemniscate, qui restait toujours la seule courbe algébrique connue dont les coordonnées rectangulaires x et y satisfissent à une équation de la forme

$$dx^2 + dy^2 = \frac{dz^2}{\alpha + \beta z + \gamma z^2 + \delta z^3 + \varepsilon z^4}.$$

La première idée des recherches nouvelles auxquelles je me suis livré, et que je publie aujourd'hui, m'a été suggérée par une propriété de la lemniscate, à laquelle je n'avais pas d'abord attaché une grande importance, et qui consiste en ce que les coordonnées rectangulaires de la courbe sont, par un choix convenable de la variable indépendante, exprimables en fonction rationnelle de l'amplitude de la fonction elliptique qui représente l'arc : on le vérifie aisément, car l'équation

$$(x^2+y^2)^2 - 2a^2(x^2-y^2) = 0,$$

qui appartient à la lemniscate, est satisfaite en posant

$$x = a\sqrt{2}\,\frac{z+z^3}{1+z^4}, \qquad y = a\sqrt{2}\,\frac{z-z^3}{1+z^4};$$

d'où l'on déduit aisément

$$\sqrt{dx^2+dy^2} = 2a\,\frac{dz}{\sqrt{1+z^4}}.$$

C'est ainsi que j'ai été conduit à étudier les différentes solutions que peut admettre l'équation indéterminée

$$dx^2 + dy^2 = Z dz^2,$$

en prenant pour x, y et Z des fonctions réelles et rationnelles de z, dont la dernière ait une forme donnée.

Ce mémoire se composera de quatre parties. Nous étudierons dans la première la forme générale des fonctions x et y, réelles et rationnelles, susceptibles de vérifier la précédente équation; mais, n'ayant spécialement en vue que la représentation des fonctions elliptiques de première espèce, nous n'aborderons les détails de la solution que dans l'hypothèse où Z est l'inverse d'un polynôme du quatrième degré en z, et encore supposerons-nous, ce qui, du reste, semble le cas le plus important, que x et y ne puissent devenir infinis sans que Z le soit lui-même. Ces solutions de l'équation précédente une fois trouvées, on connaîtra, parmi les courbes algébriques dont l'arc s'exprime par une fonction elliptique de première espèce, quelles sont celles dont les coordonnées rectangulaires x et y sont des fonctions rationnelles de l'amplitude z, qui ne peuvent devenir infinies sans que $\sqrt{dx^2 + dy^2}$ le soit. On verra que le nombre de ces courbes, que je nommerai *courbes elliptiques*, est illimité; elles se distinguent naturellement en une infinité de classes, et chaque classe comprend une infinité de courbes individuelles. L'existence des courbes de la $m^{ième}$ classe dépend de ce que les racines ζ d'une certaine équation,

$$\Pi_m(\zeta) = 0$$

de degré m, sont toutes réelles et comprises entre 0 et 1. Cette équation a pour racines les carrés des modules des fonctions elliptiques qui représentent les arcs des courbes de la $m^{ième}$ classe : elle contient dans ses différents termes un nombre indéterminé n, que notre analyse suppose essentiellement entier; mais M. Liou-

ville a reconnu que la plupart des résultats se conservent dans le cas où n est un nombre fractionnaire.

Dans la seconde partie de ce mémoire, nous nous occuperons exclusivement des équations

$$\Pi_m(\zeta) = 0$$

dont il vient d'être question, et nous démontrerons généralement que toutes leurs racines sont réelles et comprises entre 0 et 1.

Dans la troisième partie, nous étudierons d'une manière spéciale les courbes elliptiques de la première classe, dont la première et la plus simple est la lemniscate. Nous dirons aussi quelques mots des courbes de la deuxième classe.

Enfin, dans la quatrième partie, nous donnerons une théorie purement géométrique des courbes elliptiques de la première classe.

Cette partie de notre travail est tout à fait indépendante des trois autres; elle suffit à elle seule pour introduire dans la géométrie les courbes remarquables que nous avons découvertes [1].

PREMIÈRE PARTIE.

I.

Avant de considérer dans toute sa généralité l'équation

$$dx^2 + dy^2 = Z dz^2,$$

nous examinerons d'abord un cas simple, plus général cependant que celui d'où dépend la représentation des fonctions elliptiques

[1] Nous avons cru devoir présenter ici l'ensemble de nos travaux sur la représentation géométrique des fonctions elliptiques. On trouvera dans le Journal de Mathématiques pures et appliquées, t. X et XI, une rédaction de notre Mémoire conforme à celle qui a été présentée à l'Académie, avec les développements ultérieurs qui l'ont suivi.

de première espèce : nous supposerons que Z est une fraction, ayant pour numérateur un monôme $c^2 z^{2\mu}$, et pour dénominateur un polynôme P de degré pair donné qui ne renferme pas de facteurs multiples; en sorte que l'équation à résoudre sera

$$(1) \qquad dx^2 + dy^2 = c^2 \frac{z^{2\mu} dz^2}{P}.$$

On voit de suite que les facteurs linéaires de P doivent être tous imaginaires, car autrement, comme ils sont inégaux, le second membre de l'équation précédente, et par suite le premier, pourraient changer de signe; ce qui est absurde, x et y et leurs différentielles devant être essentiellement réels.

Cela posé, si l'on désigne par p et ϖ deux polynômes conjugués ayant pour module $\sqrt{P}$, et que l'on représente par i l'imaginaire $\sqrt{-1}$, conformément à l'usage adopté par les géomètres, l'équation (1) pourra s'écrire de la manière suivante :

$$\frac{dx + i\,dy}{\left(\frac{cz^\mu}{p}\right) dz} \cdot \frac{dx - i\,dy}{\left(\frac{cz^\mu}{\varpi}\right) dz} = 1,$$

ce qui montre que les deux fonctions rationnelles

$$\frac{dx + i\,dy}{\left(\frac{cz^\mu}{p}\right) dz} \quad \text{et} \quad \frac{dx - i\,dy}{\left(\frac{cz^\mu}{\varpi}\right) dz}$$

sont conjuguées et ont pour module l'unité; on aura donc nécessairement, en désignant par t et τ deux polynômes conjugués premiers entre eux, par ω un angle réel et par e la base des logarithmes népériens,

$$dx + i\,dy = c e^{\omega i \frac{t}{\tau}} \frac{z^\mu dz}{p},$$
$$dx - i\,dy = c e^{-\omega i \frac{\tau}{t}} \frac{z^\mu dz}{\varpi}.$$

Chacune de ces équations est une conséquence de l'autre, car elle s'en déduit par le changement de i en $-i$. De la première on tire

$$x + iy = ce^{\omega i}\int_{\tau}^{t} \frac{z^{\mu}dz}{p}. \tag{2}$$

Cette équation fera connaître toutes les solutions rationnelles et réelles de l'équation (1), en donnant aux polynômes conjugués t et τ toutes les valeurs qui rendent algébrique l'intégrale

$$\int_{\tau}^{t} \frac{z^{\mu}dz}{p}.$$

Comme p n'a pas de facteurs multiples, il faut évidemment que tout facteur de p se trouve dans t ou dans τ, pour que la précédente intégrale soit algébrique; or je dis que, sans altérer la généralité de la solution fournie par l'équation (2), on peut supposer chaque polynôme τ premier avec p, et, par conséquent, chaque polynôme t divisible par p, pourvu toutefois que l'on prenne successivement toutes les décompositions possibles du polynôme P en deux facteurs conjugués p et ϖ. Soient, en effet,

$$p = p_1 p_2 \quad \text{et} \quad \varpi = \varpi_1 \varpi_2,$$

p_1 désignant le produit des facteurs de p qui se trouvent dans t, et p_2 le produit de ceux qui se trouvent dans τ, et, de même, ϖ_1 et ϖ_2 étant les produits des facteurs de ϖ qui se trouvent respectivement dans τ et t; l'équation (2) pourra s'écrire de la manière suivante :

$$x + iy = ce^{\omega i}\int_{\tau p_2}^{t\varpi_2} \cdot \frac{z^{\mu}dz}{p_1\varpi_2}.$$

Or $p_1\varpi_2$ est, comme p, un polynôme dont le module est $\sqrt{\mathrm{P}}$; d'ailleurs, ce polynôme est évidemment premier avec τp_2 : si donc on met simplement p au lieu de $p_1\varpi_2$, $\frac{t}{\tau}$ au lieu de $\frac{t\varpi_2}{\tau p_2}$, l'équa-

tion précédente se réduira à l'équation (2), où τ sera dès lors un polynôme premier à p.

Cela posé, il faut, pour que l'intégrale de l'équation (2) soit algébrique, que les polynômes t et τ soient respectivement divisibles par p et ϖ, et qu'ils ne contiennent aucun facteur linéaire simple.

Soient ϱ un polynôme quelconque, λ le plus grand commun diviseur entre ce polynôme et sa dérivée; le polynôme $\frac{\varrho^2}{\lambda}$ ne différera de ϱ qu'en ce que chaque facteur linéaire y entrera une fois de plus, et représentera, par conséquent, un polynôme quelconque, n'ayant pas de facteurs simples : on pourra donc poser

$$\tau = \frac{\varrho'}{\lambda}, \text{ et, par suite, } \quad t = \frac{r^2}{l},$$

r et l représentant les polynômes conjugués de ϱ et λ.

D'après cela, on aura

$$x + iy = ce^{\omega t} \int \frac{\left(\frac{r^2}{lp}\right)}{\left(\frac{\varrho^2}{\lambda}\right)} z^{\mu} \, dz. \tag{3}$$

Cette équation fera connaître toutes les solutions de l'équation (1), en ne prenant pour r et ϱ que les polynômes conjugués respectivement divisibles par p et ϖ, et tels, que, pour chaque racine z_0 de l'équation

$$\varrho = 0,$$

on ait

$$\int \frac{(z - z_0) \frac{r^2}{lp} z^{\mu}}{[(z - z_0)] \frac{\varrho^2}{\lambda}} = 0.$$

Lorsque ces conditions seront remplies, l'équation (3) donnera pour $x + iy$ une valeur rationnelle

$$x + iy = \frac{s}{\varrho},$$

où s désigne un polynôme premier avec ϱ; et si σ désigne le polynôme conjugué de s, on aura aussi

$$x - iy = \frac{\sigma}{r},$$

d'où, par la multiplication,

$$x^2 + y^2 = \frac{S}{R},$$

en appelant R et S les carrés des modules des polynômes conjugués r et ϱ, s et σ. D'un autre côté, des expressions de $x + iy$ et $x - iy$ on déduit pour x et y des valeurs de la forme

$$x = \frac{U}{R}, \qquad y = \frac{V}{R},$$

d'où l'on conclut aisément

$$\frac{U^2 + V^2}{R} = S = \text{entier}.$$

Cette équation exprime une propriété assez remarquable des fonctions rationnelles $\frac{U}{R}$ et $\frac{V}{R}$ susceptibles de satisfaire à l'équation (1).

Il importe de remarquer encore que le second membre de l'équation (3) comprend une constante arbitraire $-\varepsilon$, en sorte que l'on pourra prendre

$$x + iy = \frac{s}{\varrho} - \varepsilon = \frac{s - \varepsilon\varrho}{\varrho}.$$

Au point de vue géométrique, cette constante ε ne produit qu'un

déplacement insignifiant de l'origine des coordonnées. En désignant par s' et ϱ' les dérivées de s et ϱ, on aura, en différentiant l'équation précédente et en mettant à la place de $dx + i\,dy$ sa valeur,

$$\varrho(s' - \varepsilon\varrho') - \varrho'(s - \varepsilon\varrho) = ce^{\omega i} z^{\mu} \frac{\lambda r^{\alpha}}{lp}.$$

Cela posé, si $z - z_0$ désigne un facteur linéaire qui divise θ fois le polynôme $\frac{r}{p}$, et si l'on prend pour ε la valeur de $\frac{s}{\varrho}$ correspondante à $z = z_0$, l'équation précédente montre que $s - \varepsilon\varrho$ sera divisible $\theta + 2$ fois par $z - z_0$; on pourra donc poser

$$s - \varepsilon\varrho = (z - z_0)^{\theta+2} s_1,$$

et, par suite,

$$x + iy = \frac{(z - z_0)^{\theta+2} s_1}{\varrho}.$$

Ce dernier théorème nous sera utile dans la suite de ce mémoire.

II.

La marche que nous venons de suivre s'applique sans difficulté à la détermination des formes des solutions rationnelles et réelles que peut admettre l'équation plus générale

$$(1) \qquad dx^2 + dy^2 = Z dz^2,$$

où Z désigne une fraction quelconque irréductible $\frac{M}{P}$, dont les deux termes sont des polynômes de degrés donnés.

On voit d'abord que tout facteur réel de M ou de P doit s'y trouver un nombre pair de fois, puisqu'il est évident que la fraction $\frac{M}{P}$ ne peut changer de signe; nous désignerons donc par M

et P_1^2 les produits des facteurs réels qui se trouvent respectivement dans M et P. Quant aux facteurs imaginaires, qui dans chaque polynôme sont conjugués deux à deux, nous décomposerons leurs produits respectifs chacun en deux facteurs conjugués; en un mot, nous poserons, conformément à la notation du paragraphe précédent,

$$M = M_1^2 m\mu, \qquad P = P_1^2 p\varpi,$$

et l'équation à résoudre sera

$$dx^2 + dy^2 = \frac{M_1^2 m\mu}{P_1^2 p\varpi}\, dz^2,$$

ou

$$\frac{dx + i\,dy}{\frac{M_1 m}{P_1 p}\, dz} \cdot \frac{dx - i\,dy}{\frac{M_1 \mu}{P_1 \varpi}\, dz} = 1.$$

Les deux facteurs du premier membre devant être des fonctions rationnelles et conjuguées de module 1, on aura, en désignant par t et τ deux polynômes conjugués premiers entre eux,

$$dx + i\,dy = \frac{t}{\tau}\,\frac{M_1 m}{P_1 p}\, dz,$$

$$dx - i\,dy = \frac{\tau}{t}\,\frac{M_1 \mu}{P_1 \varpi}\, dz,$$

l'une de ces équations se déduisant de l'autre par le changement de i en $-i$.

La première donne

$$x + iy = \int \frac{t}{\tau}\,\frac{M_1 m}{P_1 p}\, dz; \tag{2}$$

on peut, sans altérer la généralité de cette équation, supposer m et p premiers, l'un avec t, l'autre avec τ : en effet, désignons par m_1 le produit des facteurs de m qui se trouvent dans t, par m_2 le produit des facteurs de m premiers à t, en sorte qu'on ait

$$m = m_1 m_2;$$

désignons de même par p_1 le produit des facteurs de p qui se trouvent dans τ, et par p_2 le produit de tous les autres : on aura

$$p = p_1 p_2.$$

Soient aussi μ_1, μ_2, ϖ_1, ϖ_2 les polynômes conjugués de m_1, m_2, p_1, p_2; l'équation (2) pourra s'écrire de la manière suivante :

$$x + iy = \int \frac{tm_1\varpi_1}{\tau\mu_1 p_1} \frac{M_1\mu_1 m_2}{P_1\varpi_1 p_2}\, dz.$$

D'ailleurs, $\mu_1 m_2$ et $\varpi_1 p_2$ sont des polynômes respectivement de même module que m et p, et qui sont premiers, l'un avec le numérateur, l'autre avec le dénominateur de la fraction $\frac{tm_1\varpi_1}{\tau\mu_1 p_1}$; si donc on met simplement m et p au lieu de $\mu_1 m_2$ et $\varpi_1 p_2$, $\frac{t}{\tau}$ au lieu de $\frac{tm_1\varpi_1}{\tau\mu_1 p_1}$, l'équation précédente se changera dans l'équation (2), où m et p seront dès lors premiers, l'un avec t, l'autre avec τ : il est bien entendu, toutefois, que, pour avoir toutes les solutions de l'équation (1), on devra considérer toutes les décompositions possibles des polynômes $\frac{M}{M_1^2}$ et $\frac{P}{P_1^2}$ en facteurs conjugués.

Cela posé, pour que l'intégrale de l'équation (2) soit algébrique, il faut évidemment que le polynôme P_1 ne renferme aucun facteur simple, non plus que le dénominateur de chacune des fractions

$$\frac{t}{p} \quad \text{et} \quad \frac{m}{\tau},$$

supposées réduites à leur plus simple expression.

Soit m_1 le plus grand commun diviseur entre m et τ, et posons

$$m = m_1 m_2, \text{ et en même temps } \mu = \mu_1\mu_2;$$

le dénominateur de la fraction $\frac{m}{\tau}$, réduite à sa plus simple expression, sera $\frac{\tau}{m_1}$ et ne devra renfermer aucun facteur simple : si donc

φ désigne un polynôme quelconque, λ le plus grand commun diviseur entre ce polynôme et sa dérivée, on devra poser

$$\tau = m_1 \frac{\varphi^2}{\lambda}, \text{ et, par suite, } t = \mu_1 \frac{r^2}{l}.$$

Il faut, en outre, que le dénominateur de la fraction $\frac{t}{p}$ ou $\mu_1 \frac{r^2}{lp}$, supposée réduite à sa plus simple expression, ne renferme aucun facteur simple, et comme p est premier avec μ_1, il suffira de considérer la fraction $\frac{r^2}{lp}$.

Soit p_1 le plus grand commun diviseur à p et $\frac{r^2}{l}$, et posons

$$p = p_1 p_2 \text{ avec } \varpi = \varpi_1 \varpi_2 ;$$

la fraction $\frac{r^2}{lp}$, réduite à sa plus simple expression, aura p_2 pour dénominateur : la valeur de p_2, et par suite celle de ϖ_2, doivent donc être de la forme

$$p_2 = \frac{e^2}{g} \text{ et } \varpi_2 = \frac{\varepsilon^2}{\gamma},$$

g et γ étant les plus grands communs diviseurs respectifs entre les polynômes e, ε et leurs dérivées.

Enfin P_1 n'ayant pas de facteurs simples, nous poserons

$$P_1 = \frac{F^2}{H},$$

H désignant le plus grand commun diviseur entre le polynôme F et sa dérivée. D'après cela, l'équation (2) prendra la forme

$$x + iy = \int \frac{\left(\frac{r^2}{lp_1}\right)}{\left(\frac{\varphi^2}{\lambda}\right)} \frac{M_1 \mu_1 m_2}{\frac{F^2}{H} \frac{e^2}{l}} dz,$$

où, en désignant simplement par m le polynôme $M_1\mu_1 m_2$, qui a pour module $\sqrt{M}$,

$$x + iy = \int \frac{\left(\frac{r^2}{lp_1}\right)}{\left(\frac{\varrho^2}{\lambda}\right)} \frac{m\,dz}{\frac{F^2}{H}\frac{e^2}{g}}.$$

Telle est l'équation qui fera connaître les différentes solutions rationnelles de l'équation (2), et l'on devra y prendre pour r et ϱ deux polynômes conjugués, respectivement divisibles par p_1 et ϖ_1, premiers avec μ et m, et tels, que pour chaque racine z_0 de l'équation

$$\varrho = 0$$

on ait

$$\int \frac{(z - z_0)\,\frac{r^2}{lp_1}\,m}{[(z - z_0)]\,\frac{\varrho^2}{\lambda}\frac{F^2}{H}\frac{e^2}{g}} = 0.$$

Quant aux différentes quantités que nous avons introduites, elles sont définies par les équations

$$M = m\mu, \qquad P = \frac{F^2}{H^2}\frac{e^2}{g}\frac{\varepsilon^2}{\gamma}\,p_1\varpi_1.$$

On pourrait de ce qui précède déduire quelques propriétés des solutions de l'équation (1); mais nous n'insisterons pas sur ces détails étrangers à l'objet principal de ce travail.

III.

Revenons maintenant au cas plus simple que nous avons considéré dans le paragraphe I, et, conservant les notations de ce

paragraphe, nous ferons $\mu = 0$, et nous supposerons que P désigne un polynôme du quatrième degré dont les facteurs linéaires sont inégaux, imaginaires et conjugués deux à deux. L'équation à résoudre est alors

$$dx^2 + dy^2 = \frac{c^2 dz^2}{P}, \tag{1}$$

et l'on a, pour déterminer ses diverses solutions, l'équation

$$x + iy = ce^{\omega i} \int \frac{\left(\frac{r^2}{lp}\right) dz}{\left(\frac{g^2}{\lambda}\right)}. \tag{2}$$

Remarquons d'abord que les fonctions rationnelles x et y, qui peuvent satisfaire à l'équation (1), ne cesseront pas d'être rationnelles si l'on substitue à z une fraction rationnelle réelle et linéaire, telle que

$$\frac{f + gz}{1 + z};$$

d'ailleurs, par cette substitution, la différentielle $\frac{c\,dz}{\sqrt{P}}$ se changera en une seconde différentielle elliptique $\frac{c'dz}{\sqrt{P'}}$, et le polynôme P', qui se déduit aisément de P, renfermera deux constantes arbitraires f et g; or on démontre aisément que l'on peut attribuer aux deux constantes f et g des valeurs réelles, telles que chaque racine de l'équation

$$P' = 0$$

soit égale et de signe contraire à sa conjuguée, ou bien telles que deux racines conjuguées soient égales et de signe contraire aux deux autres. Dans l'un et l'autre cas, le polynôme P' ne con-

tiendra que des puissances paires de z; mais nous admettrons de préférence le second mode de transformation. Nous supposerons donc que, l'équation (1) ayant été ainsi préparée, on ait

$$P = (z^2 - a^2)\ (z^2 - \alpha^2),$$

a et α étant des quantités essentiellement imaginaires et conjuguées.

Nous ferons successivement les deux décompositions possibles du polynôme P en deux facteurs conjugués; mais nous supposerons, dans les deux cas, que les polynômes arbitraires r et ϱ ne contiennent que les facteurs linéaires qui se trouvent respectivement dans p et ϖ, c'est-à-dire que les fonctions x et y ne puissent contenir en dénominateur que les facteurs de P.

Soient donc d'abord

$$p = z^2 - a^2, \qquad r = (z-a)^m (z+a)^n, \qquad l = (z-a)^{m-1} (z+a)^{n-1},$$
$$\varpi = z^2 - \alpha^2, \qquad \varrho = (z-\alpha)^m (z+\alpha)^n, \qquad \lambda = (z-\alpha)^{m-1} (z+\alpha)^{n-1};$$

les équations (1) et (2) deviennent

$$(3) \qquad dx^2 + dy^2 = \frac{c^2 dz^2}{(z^2 - a^2)\ (z^2 - \alpha^2)},$$

$$(4) \qquad x + iy = ce^{\omega i} \int \frac{(z-a)^m (z+a)^n}{(z-\alpha)^{m+1} (z+\alpha)^{n+1}}\, dz,$$

et il ne reste plus qu'à trouver la condition qui doit exister entre les entiers m et n et les quantités imaginaires conjuguées a et α, pour que l'intégrale de l'équation (4) soit algébrique : car, cette condition étant remplie, l'équation (4) fera connaître les solutions réelles et rationnelles de l'équation (3) que nous cherchons.

Posons, pour abréger,

$$\varphi(z) = \frac{(z-a)^m (z+a)^n}{(z+\alpha)^{n+1}}, \qquad \psi(z) = \frac{(z-a)^m (z+a)^n}{z-\alpha)^{m+1}};$$

on aura

$$(5)\qquad \frac{(z-a)^m(z+a)^n}{(z-\alpha)^{m+1}(z+\alpha)^{n+1}} = \frac{\varphi(\alpha)}{(z-\alpha)^{m+1}} + \frac{\varphi'(\alpha)}{1.(z-\alpha)^m} + \frac{\varphi''(\alpha)}{1.2.(z-\alpha)^{m-1}} + \dots + \frac{\varphi^m(\alpha)}{1.2\dots m(z-\alpha)} + \frac{\psi(-\alpha)}{(z+\alpha)^{n+1}} + \frac{\psi'(-a)}{1.(z+\alpha)^n} + \frac{\psi''(-\alpha)}{1.2.(z+\alpha)^{n-1}} + \dots + \frac{\psi^n(-\alpha)}{1.2\dots n(z+\alpha)},$$

et il est évident que, pour que l'intégrale de l'équation (4) soit algébrique, il faut et il suffit que l'on ait à la fois

$$(6)\qquad \varphi^m(\alpha) = 0 \quad \text{et} \quad \psi^n(-\alpha) = 0;$$

mais l'une de ces équations est une conséquence de l'autre, car si l'on chasse les dénominateurs dans l'équation (5), le premier membre sera un polynôme du degré $m+n$, et le second un polynôme du degré $m+n+1$: le coefficient de z^{m+n+1}, dans ce dernier, sera donc nul de lui-même, et l'on aura identiquement

$$\frac{\varphi^m(\alpha)}{1.2\dots m} + \frac{\psi^n(-\alpha)}{1.2\dots n} = 0.$$

Les équations (6) n'établissent ainsi qu'une seule relation entre les quantités a et α; nous allons nous occuper de former cette équation.

Si l'on fait, pour abréger,

$$\chi(z) = (z-a)^m(z+a)^n,$$

on aura

$$\varphi(z) = \chi(z)(z+\alpha)^{-n-1},$$

d'où, en différentiant m fois et représentant, suivant l'usage, par

$$\Gamma(\mu)$$

le produit des $\mu - 1$, premiers nombres entiers,

$$\varphi^m(z) = \frac{\Gamma(m+1)}{\Gamma(n+1)} \frac{1}{(z+\alpha)^{n+m+1}} \sum_{p=0}^{p=m} (-1)^{m-p} \frac{\Gamma(n+m-p+1)}{\Gamma(m-p+1)\Gamma(p+1)} \chi^p(z)(z+\alpha)^p$$

On a, d'ailleurs,

$$\chi(z) = \Gamma(m+1) \sum_{q=0}^{q=m} (-1)^q \frac{(2a)^q (z+a)^{n+m-q}}{\Gamma(m-q+1)\Gamma(q+1)},$$

et, en différentiant p fois,

$$\chi^p(z) = \Gamma(m+1) \sum_{q=0}^{q=m} (-1)^q \frac{\Gamma(n+m-q+1)}{\Gamma(m-q+1)\Gamma(q+1)\Gamma(n+m-p-q+1)} (2a)^q (z+a)^{n+m-p-q};$$

par suite, on aura

$$\varphi^m(z) = \frac{\Gamma^2(m+1)}{\Gamma(n+1)} \frac{1}{(z+\alpha)^{n+m+1}} \sum_{p=0}^{p=m} \sum_{q=0}^{q=m} (-1)^{p+q}$$
$$\times \frac{\Gamma(n+m-p+1)\Gamma(n+m-q+1)}{\Gamma(m-p+1)\Gamma(p+1)\Gamma(m-q+1)\Gamma(q+1)\Gamma(n+m-p-q+1)} (2a)^q (z+\alpha)^p (z+a)^{n+m-p-q}.$$

Remarquons que si les nombres m et n sont inégaux, tous les termes de $\varphi^m(z)$ seront divisibles par une puissance de $z+a$ de degré égal à la différence des entiers m et n : or, si ces nombres sont inégaux, on peut toujours supposer que n est le plus grand des deux, car le changement des nombres m et n l'un en l'autre ne produit que le changement insignifiant de $\pm a$ et $\pm \alpha$ en $\mp a$ et $\mp \alpha$; nous supposerons donc toujours m inférieur ou égal à n, et la valeur précédente de $\varphi^m(z)$ sera divisible par $(z+a)^{n-m}$.

Cela posé, faisons $z = \alpha$ dans l'équation précédente, et posons, pour abréger,

$$\Pi_m = \frac{\Gamma^2(m+1)}{\Gamma(n+1)} \sum_{p=0}^{p=m} \sum_{q=0}^{q=m} (-1)^{p+q}$$
$$\times \frac{\Gamma(n+m-p+1)\Gamma(n+m-q+1)}{\Gamma(m-p+1)\Gamma(p+1)\Gamma(m-q+1)\Gamma(q+1)\Gamma(n+m-p-q+1)} \frac{(2\alpha)^p (2a)^q (\alpha+a)^{2m-p-q}}{(4a\alpha)^m};$$

on aura

$$\varphi^m(\alpha) = \frac{(\alpha + a)^{n-m} a^m}{2^{n-m+1} \alpha^{n+1}} \Pi_m. \tag{5}$$

On ne peut avoir $a + \alpha = 0$, car autrement les facteurs linéaires du polynôme $(z^2 - a^2)(z^2 - \alpha^2)$ ne seraient pas inégaux, comme nous l'avons supposé; l'équation $\varphi^m(\alpha) = 0$ se réduira donc à

$$\Pi_m = 0.$$

Il est aisé de reconnaître que cette équation est symétrique par rapport aux quantités a et α, et c'est là l'une des circonstances qui font que l'équation (4) peut fournir des solutions réelles et rationnelles de l'équation (3).

La fonction Π_m est, en outre, homogène et du degré 0 par rapport aux quantités a et α; en sorte que si l'on pose

$$\frac{(\alpha + a)^2}{4 a \alpha} = \zeta,$$

elle se réduira à un polynome entier par rapport à ζ, et que l'on reconnaît aisément être du degré m: nous représenterons indifféremment ce polynôme par Π_m et $\Pi_m(\zeta)$. Les racines de l'équation

$$\Pi_m(\zeta) = 0, \tag{6}$$

une fois trouvées, les quantités a et α, auxquelles on peut supposer un module arbitraire, par un changement facile de variables, dans les équations (3) et (4), seront déterminées par l'équation

$$\frac{(\alpha + a)^2}{4 a \alpha} = \zeta.$$

Mais, pour que les quantités a et α soient effectivement imaginaires et conjuguées, il faut encore que ζ soit réelle et comprise entre 0 et 1; c'est ce qui a toujours lieu, ainsi que nous le démontrerons dans la seconde partie de ce mémoire.

Le polynôme $\Pi_m(\zeta)$ contient dans ses différents termes un nombre entier indéterminé n, et l'on verra que les m racines de l'équation (6) ne cessent pas d'être réelles et comprises entre 0 et 1, si l'on suppose n un nombre positif quelconque. Toutefois, cette extension ne se rapporte pas directement à l'objet actuel de nos recherches.

La quantité que nous avons désignée par ζ est précisément le carré du module de la transcendante elliptique

$$\int \frac{dz}{\sqrt{(z^2-a^2)(z^2-\alpha^2)}}$$

ramenée à la forme ordinaire. Si en effet on pose $z = \sqrt{a\alpha}\tang\frac{\vartheta}{2}$, l'intégrale précédente se réduit à

$$\frac{1}{2\sqrt{a\alpha}}\int \frac{d\theta}{\sqrt{1-\zeta\sin^2\theta}}.$$

Pour une même valeur de m, et à cause de l'indétermination de l'entier n, on aura une infinité d'équations

$$\Pi_m(\zeta) = 0;$$

en outre, à chaque racine ζ de l'une de ces équations correspondra une courbe algébrique dont l'arc sera exprimé par une fonction elliptique, de module $\sqrt{\zeta}$, et dont les coordonnées rectangulaires seront fournies par l'équation (4) : nous considérerons toutes ces courbes comme formant une même classe, et nous les appellerons *courbes elliptiques de la $m^{ième}$ classe*. On voit que le nombre de ces classes sera illimité.

Revenons maintenant à l'équation (1), dans laquelle nous supposerons toujours

$$P = (z^2-a^2)(z^2-\alpha^2).$$

Considérons le second mode de décomposition du polynôme P

en deux facteurs conjugués p et ϖ, et supposant, comme précédemment que les polynômes r et ϱ ne contiennent respectivement que les facteurs linéaires de p et ϖ, posons

$$p=(z-a)(z+\alpha),\quad r=(z-a)^m(z+\alpha)^n,\quad l=(z-a)^{m-1}(z+\alpha)^{n-1},$$
$$\varpi=(z-\alpha)(z+a),\quad \varrho=(z-\alpha)^m(z+a)^n,\quad \lambda=(z-\alpha)^{m-1}(z+a)^{n-1};$$

les équations (1) et (2) deviennent

$$(3\ bis)\qquad dx^2+dy^2=\frac{c^2\,dz^2}{(z^2-a^2)(z^2-\alpha^2)},$$

$$(4\ bis)\qquad x+iy=ce^{\omega t}\int\frac{(z-a)^m(z+\alpha)^n}{(z-\alpha)^{m+1}(z+a)^{n+1}}\,dz,$$

l'équation (3 *bis*) n'étant autre que l'équation (3).

Pour que l'intégrale de l'équation (4 *bis*) soit algébrique, il faut et il suffit qu'en posant

$$\varphi(z)=\frac{(z-a)^m(z+\alpha)^n}{(z+a)^{n+1}},\qquad \psi(z)=\frac{(z-a)^m(z+\alpha)^n}{(z-\alpha)^{m+1}},$$

on ait à la fois

$$\varphi^m(\alpha)=0,\qquad \psi^n(-a)=0.$$

On reconnaîtra aisément, comme dans le premier cas, que les deux équations précédentes rentrent l'une dans l'autre, à cause de l'identité

$$\frac{\varphi^m(\alpha)}{1.2\ldots m}+\frac{\psi^n(-a)}{1.2\ldots n}=0;$$

on aura donc la seule condition

$$\varphi^m(\alpha)=0.$$

Or notre nouvelle quantité $\varphi(z)$ se déduit de celle que nous désignions d'abord par la même notation, par le changement de n en $-(n+1)$; d'où il suit que si l'on fait ce changement dans l'équation (6), on obtiendra une équation

$$(7)\qquad \Pi'_m(\zeta)=0$$

de degré m, où l'on aura toujours

$$\frac{(a+\alpha)^2}{4a\alpha} = \zeta,$$

et qui exprimera la condition pour que l'intégrale de l'équation (4 *bis*) soit algébrique.

Il sera démontré, dans la seconde partie du présent mémoire, que l'équation (7) a toutes ses racines réelles, mais plus grandes que 1; en sorte que les valeurs qui en résultent pour a et α sont réelles, et, par conséquent, ne peuvent nous convenir pour l'objet que nous nous proposons.

DEUXIÈME PARTIE.

I.

Nous allons nous occuper avec détail, dans cette seconde partie, des équations

$$\Pi_m(\zeta) = 0,$$

qui ont pour racines les carrés des modules des transcendantes qui représentent généralement les arcs des courbes elliptiques. L'étude de ces fonctions $\Pi_m(\zeta)$, auxquelles nous avons été conduit, présente un grand intérêt, indépendamment de leur application à la solution du problème que nous nous sommes proposé. On verra, par exemple, qu'elles comprennent comme cas particulier les fonctions si remarquables qui résultent du développement de la quantité

$$(1 - 2\alpha\zeta + \alpha^2)^{-\frac{1}{2}},$$

fonctions qui ont été étudiées pour la première fois par Legendre, et qui ont été introduites avec tant de succès dans la Mécanique céleste.

La forme que l'on peut donner à l'équation

$$\Pi_m(\zeta) = 0$$

est assez simple pour qu'on puisse reconnaître immédiatement la nature de ses racines, ce qui est essentiel dans l'analyse où nous en avons fait usage.

Rappelons d'abord en peu de mots la formation des polynômes Π_m : soient

$$\varphi(z) = \frac{(z-a)^m(z+a)}{(z+\alpha)^{n+1}}, \quad \psi(z) = \frac{(z-a)^m(z+a)^n}{(z-\alpha)^{m+1}},$$

ou a et α désignent des *quantités quelconques*, m et n des nombres entiers positifs; on démontre aisément l'identité

$$\frac{\varphi^m(\alpha)}{1.2\dots m} + \frac{\psi^n(-\alpha)}{1.2\dots n} = 0,$$

en désignant par $\varphi^m(z)$ et $\psi^n(z)$ les dérivées de $\varphi(z)$ et $\psi(z)$ de l'ordre m et de l'ordre n respectivement. D'où il suit que les deux équations

$$\varphi^m(\alpha) = 0, \quad \psi^n(-\alpha) = 0$$

rentrent l'une dans l'autre.

En second lieu, en supposant, ce qui est évidemment permis, que m ne soit pas supérieur à n, on trouve, en posant

$$\frac{(\alpha+a)^2}{4a\alpha} = \zeta,$$

que $\varphi^m(\alpha)$ a la forme suivante :

$$\varphi^m(\alpha) = \frac{(\alpha+a)^{n-m}a^m}{2^{n-m+1}\alpha^{n+1}}\Pi_m(\zeta),$$

$\Pi_m(\zeta)$ étant un polynôme entier du degré m par rapport à ζ.

[1] Il importe de remarquer que cette valeur de $\varphi^m(\alpha)$ peut être conservée lors même que m n'est pas inférieur ou égal à n; c'est seulement pour fixer les idées que nous faisons cette hypothèse.

Telle est la loi de formation de ces polynômes, que nous avons cru devoir rappeler ici.

II.

De l'équation

$$\varphi(z) = \frac{(z-a)^m (z+a)^n}{(z+\alpha)^{n+1}},$$

on déduit, par la différentiation *logarithmique*,

$$(z^3 + \alpha z^2 - a^2 z - a^2 \alpha)\,\varphi'(z) = \{(m-1) z^2 + [(m-n) a + (m+n)\alpha] z + (m-n) a\alpha + (n+1) a^2\}\,\varphi(z);$$

et si l'on différentie $m+2$ fois cette nouvelle équation, on aura

$$\begin{aligned}
&(z^3 + \alpha z^2 - a^2 z - a^2\alpha)\,\varphi^{m+3}(z) + \frac{m+2}{1}(3z^2 + 2\alpha z - a^2)\,\varphi^{m+2}(z) \\
&+ \frac{(m+2)(m+1)}{1.2}(6z + 2\alpha)\,\varphi^{m+1}(z) + \frac{(m+2)(m+1)m}{1.2.3}\,6\,\varphi^m(z) \\
&= \{(m-1) z^2 + [(m-n) a + (m+n)\alpha] z + (m-n) a\alpha + (n+1) a^2\}\,\varphi^{m+2}(z \\
&+ \frac{m+2}{1}[2(m-1)z + (m-n) a + (m+n)\alpha]\,\varphi^{m+1}(z) + \frac{(m+2)(m+1)}{1.2}\,2(m-1)\,\varphi^m(z)
\end{aligned}$$

équation que nous représenterons, pour abréger, par

$$A\,\varphi^{m+3}(z) + B\,\varphi^{m+2}(z) + C\,\varphi^{m+1}(z) + D\,\varphi^m(z) = 0,$$

en faisant

$$\begin{aligned}
A &= (z-a)(z+a)(z+\alpha), \\
B &= (2m+7) z^2 + [(m-n+4)\alpha - (m-n) a] z \\
&\qquad - (m+n+3) a^2 - (m-n) a\alpha, \\
C &= (m+2)[(m+5) z - (n-1)\alpha - (m-n) a], \\
D &= (m+2)(m+1).
\end{aligned}$$

Si l'on fait maintenant $z = \alpha$, on aura

$$(1) \qquad A\,\varphi^{m+3}(\alpha) + B\,\varphi^{m+2}(\alpha) + C\,\varphi^{m+1}(\alpha) + D\,\varphi^{m}(\alpha) = 0,$$

avec

$$(2) \quad \begin{cases} A = 2\alpha(\alpha^2 - a^2), \\ B = (3m - n + 11)\alpha^2 - 2(m - n)a\alpha - (m + n + 3)a^2, \\ C = (m+2)[(m - n + 6)\alpha - (m - n)a], \\ D = (m+2)(m+1). \end{cases}$$

III.

Désignons par $\varphi_1(z)$, $\varphi_2(z)$ $\varphi_3(z)$, les valeurs que prend $\varphi(z)$ quand on change successivement m en $m+1$, $m+2$, $m+3$; on aura

$$\varphi_1(z) = (z - a)\,\varphi(z),$$
$$\varphi_2(z) = (z - a)^2\,\varphi(z),$$
$$\varphi_3(z) = (z - a)^3\,\varphi(z),$$

d'où l'on déduit très-aisément, par de simples différentiations,

$$\varphi^{m+1}(z) = \frac{\varphi_1^{m+1}(z) - (m+1)\varphi(z)}{z - a},$$

$$\varphi^{m+2}(z) = \frac{\varphi_2^{m+2}(z) - 2(m+2)\varphi_1^{m+1}(z) + (m+2)(m+1)\varphi^{m}(z)}{(z-a)^2}$$

$$\varphi^{m+3}(z) = \frac{\varphi_3^{m+3}(z) - 3(m+3)\varphi_2^{m+2}(z) + 3(m+3)(m+2)\varphi_1^{m+1}(z) - (m+3)(m+2)(m+1)\varphi^{m}(z)}{(z-a)^3}.$$

Faisant $z = \alpha$ dans ces équations, et portant ensuite dans l'équation (1) les valeurs qui en résultent pour $\varphi^{m+1}(\alpha)$, $\varphi^{m+2}(\alpha)$, $\varphi^{m+3}(\alpha)$, celle-ci deviendra

$$(3) \qquad M\,\varphi_3^{m+3}(\alpha) + N\,\varphi_2^{m+2}(\alpha) + P\,\varphi_1^{m+1}(\alpha) + Q\,\varphi^{m}(\alpha) = 0,$$

en faisant, pour abréger,

$$M = \frac{A}{\alpha - a},$$

$$N = -3(m+3)\frac{A}{\alpha - a} + B,$$

$$P = 3(m+3)(m+2)\frac{A}{\alpha - a} - 2(m+2)B + C(\alpha - a),$$

$$Q = -(m+3)(m+2)(m+1)\frac{A}{\alpha - a} + (m+2)(m+1)B - (m+1)C(\alpha - \alpha) + D(\alpha - a)^2,$$

où, en vertu des équations (2),

$$(4)\quad \begin{cases} M = 2\alpha(\alpha + a), \\ N = -(3m + n + 7)\alpha^2 - (8m - 2n + 18)a\alpha \\ \qquad\qquad - (m + n + 3)a^2, \\ \left[P = (m+2)\left[(m + n + 2)\alpha^2 + (8m - 2n + 12)a\alpha \right.\right. \\ \qquad\qquad \left.\left. + (3m + n + 6)a^2\right], \right] \\ Q = -2(m+2)(m+1)^2 a(\alpha + a). \end{cases}$$

IV.

Cela posé, on a, par la définition même des fonctions Π_m,

$$\varphi^m(\alpha) = \frac{(\alpha + a)^{n-m} a^n}{2^{n-m+1}\alpha^{n+1}}\Pi_m,$$

$$\varphi_1^{m+1}(\alpha) = \frac{(\alpha + a)^{n-m-1} a^{m+1}}{2^{n-m}\alpha^{n+1}}\Pi_{m+1},$$

$$\varphi_2^{m+2}(\alpha) = \frac{(\alpha + a)^{n-m-2} a^{m+2}}{2^{n-m-1}\alpha^{n+1}}\Pi_{m+2},$$

$$\varphi_3^{m+3}(\alpha) = \frac{(\alpha + a)^{n-m-3} a^{m+3}}{2^{n-m-2}\alpha^{n+1}}\Pi_{m+3},$$

le nombre n ayant, bien entendu, la même valeur dans les quatre fonctions Π_m, Π_{m+1}, Π_{m+2}, Π_{m+3}.

Substituant dans l'équation (3) les valeurs précédentes de $\varphi^m(\alpha)$, $\varphi_1^{m+1}(\alpha)$, $\varphi_2^{m+2}(\alpha)$, $\varphi_3^{m+3}(\alpha)$, on aura

$$(5)\quad 8a^2\alpha\Pi_{m+3} + 2aN\Pi_{m+2} + (\alpha + a)P\Pi_{m+1} - (m+2)(m+1)^2(\alpha + a)^3\Pi_m = 0.$$

Dans cette équation, les quantités N et P doivent être remplacées par leurs valeurs fournies par la seconde et la troisième des équations (4).

Voici donc une relation linéaire entre quatre fonctions consécutives Π_m, Π_{m+1}, Π_{m+2}, Π_{m+3}; mais comme ces fonctions sont symétriques en a et α, on pourra former une équation qui n'en renferme que trois.

L'équation (5) ne cessera pas d'avoir lieu, si l'on change les lettres a et α l'une en l'autre, et si l'on désigne par N' et P' ce que deviennent N et P; par suite de ce changement, on aura

$$(6)\qquad \begin{aligned} &8\alpha a^2\Pi_{m+3} + 2\alpha N'\Pi_{m+2} + (\alpha + a)P'\Pi_{m+1} \\ &\quad - (m+2)(m+1)^2(\alpha+a)^3\Pi_m = 0, \end{aligned}$$

en sorte qu'on pourra, entre les équations (5) et (6), éliminer à volonté, soit Π_m, soit Π_{m+3}. On trouve ainsi, en remplaçant partout $\frac{(\alpha+a)^2}{4a\alpha}$ par ζ,

$$\Pi_{m+3} = [(n+m+3)\zeta - (n-m-2)]\Pi_{m+2} - (m+2)^2\zeta\Pi_{m+1}$$

et

$$\Pi_{m+2} = [(n+m+2)\zeta - (n-m-1)]\Pi_{m+1} - (m+1)^2\zeta\Pi_m.$$

On voit que la première de ces équations se déduit bien de la seconde par le changement de m en $m+1$; ce qui donne une vérification parfaite des calculs assez pénibles que nous venons d'exécuter.

V.

Si, dans la dernière des équations précédentes, on change m en $m-2$, on aura

$$(7)\qquad \Pi_m = [(n+m)\zeta - (n-m+1)]\Pi_{m-1} - (m-1)^2\zeta\Pi_{m-2}.$$

C'est l'équation qui nous servira de point de départ dans l'étude des fonctions Π_m : elle peut servir à définir ces fonctions, car les

deux premières Π_0 et Π_1 peuvent être formées immédiatement d'après la loi générale rappelée au paragraphe I^er^. On trouve immédiatement

$$\Pi_0 = 1, \quad \Pi_1 = (n+1)\zeta - n.$$

Cela posé, l'équation (7) donne pour la valeur de Π_2,

$$\Pi_2 = (n+2)(n+1)\zeta^2 - 2(n+1)n\zeta + n(n-1);$$

on aurait de même

$$\Pi_3 = (n+3)(n+2)(n+1)\zeta^3 - 3(n+2)(n+1)n\zeta^2 + 3(n+1)n(n-1)\zeta - n(n-1)(n-2).$$

L'examen des valeurs de Π_1, Π_2, Π_3 fait présumer que l'on aura généralement, en désignant toujours par $\Gamma(\mu)$ le produit des $\mu-1$ premiers nombres,

$$(8) \qquad \Pi_m = \sum_{p=0}^{p=m} (-1)^p \frac{\Gamma(m+1)\Gamma(n+m-p+1)}{\Gamma(n-p+1)\Gamma(m-p+1)\Gamma(p+1)} \zeta^{m-p}.$$

et il est, en effet, facile de démontrer que si Π_{m-1} et Π_{m-2} se forment d'après cette loi, il en sera de même de Π_m. D'abord, il est évident, d'après l'équation (7), que le premier et le dernier terme de Π_m se formeront d'après la loi que nous venons d'indiquer: il suffit donc de la vérifier pour l'un des termes intermédiaires.

On a, par hypothèse,

$$\Pi_{m-1} = \sum_{p=0}^{p=m-1} (-1)^p \frac{\Gamma(m)\Gamma(n+m-p)}{\Gamma(n-p+1)\Gamma(m-p)\Gamma(p+1)} \zeta^{m-p-1},$$

$$\Pi_{m-2} = \sum_{p=0}^{p=m-2} (-1)^p \frac{\Gamma(m-1)\Gamma(n+m-p-1)}{\Gamma(n-p+1)\Gamma(m-p-1)\Gamma(p+1)} \zeta^{m-p-2}.$$

D'après cela, et en vertu de l'équation (7), le coefficient de

$$(-1)^p \zeta^{m-p},$$

dans Π_m, sera

$$(n-m+1)\frac{\Gamma(m)\,\Gamma(n+m-p+1)}{\Gamma(n-p+2)\,\Gamma(m-p+1)\,\Gamma(p)}$$

$$+(n+m)\frac{\Gamma(m)\,\Gamma(n+m-p)}{\Gamma(n-p+1)\,\Gamma(m-p)\,\Gamma(p+1)}+(m-1)^2\frac{\Gamma(m-1)\,\Gamma(n+m-p)}{\Gamma(n-p+2)\,\Gamma(m-p)\,\Gamma(p)},$$

où, d'après la définition des Γ,

$$\frac{\Gamma(m+1)\,\Gamma(n+m-p+1)}{\Gamma(n-p+1)\,\Gamma(m-p+1)\,\Gamma(p+1)};$$

ce qui démontre que la valeur de Π_m est effectivement donnée par l'équation (8).

VI.

On peut, d'après cela, donner à la fonction Π_m une nouvelle forme très-remarquable; on a en effet, par la formule ordinaire du binôme,

$$\zeta^n(\zeta-1)^m=\sum_{p=0}^{p=m}(-1)^p\frac{\Gamma(m+1)}{\Gamma(m-p+1)\,\Gamma(p+1)}\zeta^{n+m-p},$$

et, en différentiant m fois,

$$\frac{d^m.\,\zeta^n(\zeta-1)^m}{d\zeta^m}=\sum_{p=0}^{p=m}(-1)^p\frac{\Gamma(m+1)\,\Gamma(n+m-p+1)}{\Gamma(n-p+1)\,\Gamma(m-p+1)\,\Gamma(p+1)}\zeta^{n-p};$$

en comparant cette équation à l'équation (8), on conclut pour notre fonction Π_m la valeur suivante, très-simple et très-remarquable :

$$\Pi_m(\zeta)=\frac{1}{\zeta^{n-m}}\frac{d^m\,\zeta^n(\zeta-1)^m}{d\zeta^m}. \tag{9}$$

En particulier, si Π_n désigne la valeur de Π_m pour $m=n$, on aura

$$\Pi_n=\frac{d^n(\zeta^2-\zeta)^n}{d\zeta^n};$$

et si l'on fait

$$\zeta = \frac{x+1}{2},$$

il viendra

$$\Pi_n = \frac{1}{2^n}\frac{d^n(x^2-1)^n}{dx^n};$$

ce qui montre que notre fonction particulière Π_n, divisée par $1.2\ldots n$, n'est autre que la fonction X_n de Legendre, qui représente le coefficient de α^n dans le développement de $(1-2\alpha x+\alpha^2)^{-\frac{1}{2}}$.

VII.

On sait que la fonction Π_n satisfait à une équation différentielle du second ordre, qui joue un rôle important dans la théorie de ces fonctions; nous allons montrer que l'équation (7), qui nous a conduit à l'expression de la fonction plus générale Π_m, peut aisément se transformer en une équation qui ne renferme que la seule fonction Π_m avec ses deux premières dérivées. Soient

$$\varpi(\zeta) = \zeta^n(\zeta-1)^m,$$

et ϖ_1 ce que devient ϖ quand on y change m en $m+1$; on aura

$$\varpi_1(\zeta) = (\zeta-1)\,\varpi(\zeta),$$

d'où

$$\frac{d^{m+1}\varpi_1}{d\zeta^{m+1}} = (\zeta-1)\frac{d^{m+1}\varpi}{d\zeta^{m+1}} + (m+1)\frac{d^m\varpi}{d\zeta^m}.$$

On a d'ailleurs

$$\frac{d^m\varpi}{d\zeta^m} = \zeta^{n-m}\,\Pi_m,$$

$$\frac{d^{m+1}\varpi}{d\zeta^{m+1}} = \zeta^{n-m}\frac{d\Pi_m}{d\zeta} + (n-m)\,\zeta^{n-m-1}\,\Pi_m,$$

$$\frac{d^{m+1}\varpi_1}{d\zeta^{m+1}} = \zeta^{n-m-1}\,\Pi_{m+1}.$$

D'après cela, la précédente équation donnera

$$\Pi_{m+1} = \zeta(\zeta-1)\frac{d\Pi_m}{d\zeta} + [(n+1)\zeta-(n-m)]\Pi_m;$$

en différentiant cette équation, on trouvera

$$\frac{d\Pi_{m+1}}{d\zeta} = \zeta(\zeta-1)\frac{d^2\Pi_m}{d\zeta^2} + [(n+3)\zeta-(n-m+1)]\frac{d\Pi_m}{d\zeta} + (n+1)\Pi_m.$$

Si l'on change m en $m+1$ dans l'avant-dernière équation, on aura la valeur de Π_{m+2} exprimée à l'aide de Π_{m+1} et de $\frac{d\Pi_{m+1}}{d\zeta}$, et en y remplaçant ces quantités par leurs valeurs qu'on vient d'écrire, on aura, toutes réductions faites,

$$\Pi_{m+2} = \zeta^2(\zeta-1)^2\frac{d^2\Pi_m}{d\zeta^2} + 2\zeta(\zeta-1)[(n+2)\zeta-(n-m)]\frac{d\Pi_m}{d\zeta}$$
$$+ [(n+2)(n+1)\zeta^2 - 2(n+1)(n-m)\zeta + (n-m)(n-m-1)]\Pi_m.$$

Portant les valeurs de Π_{m+1} et Π_{m+2}, que nous venons de trouver, dans l'équation

$$\Pi_{m+2} = [(n+m+2)\zeta-(n-m-1)]\Pi_{m+1} - (m+1)^2\zeta\Pi_m,$$

on aura, après quelques réductions,

$$\zeta(\zeta-1)\frac{d^2\Pi_m}{d\zeta^2} + [(n-m+2)\zeta-(n-m+1)]\frac{d\Pi_m}{d\zeta} - m(n+1)\Pi_m = 0,$$

ou, en posant $\zeta = \frac{x+1}{2}$

$$(x^2-1)\frac{d^2\Pi_m}{dx^2} + [(n-m+2)x-(n-m)]\frac{d\Pi_m}{dx} - m(n+1)\Pi_m = 0.$$

Faisant $m = n$, on obtiendra l'équation connue à laquelle satisfait l'équation Π_n, savoir :

$$(x^2-1)\frac{d^2\Pi_n}{dx^2} + 2x\frac{d\Pi_n}{dx} - n(n+1)\Pi_n = 0.$$

VIII.

Pour que ζ puisse exprimer, comme nous l'avons supposé dans la première partie de ce mémoire, la valeur d'une quantité de la forme $\frac{(a+\alpha)^2}{4a\alpha}$, a et α étant des imaginaires conjuguées, il faut et il suffit que ζ soit réelle, positive et < 1. Nous démontrerons donc un théorème important pour nous, en faisant voir que les m racines de l'équation

$$\Pi_m(\zeta) = 0$$

(où nous supposerons toujours n au moins égal à m) sont réelles et comprises entre 0 et 1. Or, pour y parvenir, considérons, à l'exemple de M. Sturm, une suite de m fonctions Π, savoir :

$$\Pi_m,\ \Pi_{m-1},\ \ldots,\ \Pi_2,\ \Pi_1,\ \Pi_0.$$

La dernière de ces fonctions est constante et ne peut changer de signe quand on fait varier ζ; en outre, l'équation (7) montre que si l'on fait varier ζ depuis zéro jusqu'à une valeur positive quelconque, deux fonctions Π consécutives ne peuvent s'annuler en même temps, et que si l'une d'elles s'annule, celle qui la précède et celle qui la suit sont de signes contraires : d'où il résulte clairement que le nombre des variations que présente la suite des signes des fonctions Π ne peut s'altérer que quand la première change de signe, et par conséquent s'annule.

Cela posé, l'équation (7) montre que, pour $\zeta = 0$, deux fonctions Π consécutives sont toujours de signes contraires, et, par conséquent, que la suite des signes des m fonctions que nous considérons présente m variations.

En second lieu, l'équation (7) ou l'équation (8) donne aisément pour $\zeta = 1$,

$$\Pi_0 = 1,\ \Pi_1 = 1,\ \Pi_2 = 1.2,\ \ldots,\ \Pi_m = 1.2\ldots m,$$

ce qui montre que la suite des signes des fonctions Π ne présente alors aucune variation.

Il résulte de là que quand ζ varie de 0 à 1, la suite des signes des fonctions Π perd m variations, et, par conséquent, que l'é-

$$\Pi_m(\zeta) = 0$$

a ses m racines comprises entre 0 et 1 [1].

On voit encore que la fonction Π_{m-1} joue ici le même rôle que la dérivée de Π_m; d'où il résulte que deux racines de $\Pi_m = 0$ comprennent une racine de $\Pi_{m-1} = 0$, et n'en comprennent qu'une, ce qui peut servir au calcul numérique des racines.

Observons enfin que si l'on définit la fonction Π_m par l'équation (7), rien ne suppose plus dans notre analyse que n soit un nombre entier; tous les résultats précédents subsistent donc si n est un nombre fractionnaire ou même incommensurable.

IX.

Nous ferons ici une remarque curieuse sur l'équation particulière

$$\Pi_n(\zeta) = 0,$$

où les deux arguments m et n sont égaux. On voit, d'après la forme de Π_n donnée au paragraphe IV, que cette équation ne changera pas, si l'on change ζ en 1 — ζ; d'où il résulte que les modules des fonctions elliptiques correspondantes à l'équation

$$\Pi_n = 0$$

seront deux à deux complémentaires. On voit encore que si n est impair, l'équation précédente aura toujours pour racine $\frac{1}{2}$, et

[1] On arriverait au même résultat en appliquant m fois de suite le théorème de Rolle à la fonction $\zeta^n(\zeta-1)^m$, dont la $m^{ième}$ dérivée fournit l'expression de Π_m, et dont les racines sont connues.

que, par conséquent, la fonction *lemniscatique* correspondra à toute fonction Π_n d'indice impair; mais il ne faut pas conclure de là que la lemniscate proprement dite se retrouve dans les différentes classes de courbes dont nous parlons : ces courbes, au contraire, diffèrent essentiellement; seulement on aura plusieurs courbes, dont les arcs représenteront la même fonction elliptique.

Cette observation s'applique plus généralement aux racines communes à plusieurs équations

$$\Pi = 0.$$

Ainsi, par exemple, si l'on fait

$$n' = n \pm \sqrt{\frac{n(n+1)}{2}},$$

l'équation

$$\Pi_2 = 0$$

donne

$$\zeta = \frac{n'}{n'+1}.$$

Donc, si n' est commensurable, chaque racine ζ se retrouvera dans quelque équation

$$\Pi_1 = 0;$$

en sorte qu'une courbe de la première classe pourra servir aussi à représenter la fonction elliptique correspondante que la seconde classe comprend déjà.

En particulier, si $n = 8$, on aura

$$n' = 2 \quad \text{et} \quad n' = 14,$$

ce qui montre que les deux fonctions elliptiques aux modules $\sqrt{\frac{2}{3}}$ et $\sqrt{\frac{14}{15}}$ s'exprimeront à volonté par un arc de courbe de première ou de seconde classe.

Si, en second lieu, on fait $n = 49$, on aura

$$n' = 14 \quad \text{et} \quad n' = 84,$$

et la conclusion précédente s'appliquera aussi aux deux fonctions de modules $\sqrt{\frac{14}{1}}$ et $\sqrt{\frac{84}{85}}$; nous trouvons même, comme on voit, dans la deuxième classe, deux courbes dont les arcs pourront représenter la fonction au module $\sqrt{\frac{14}{15}}$.

X.

Nous avons considéré aussi, dans la première partie de ce mémoire, d'autres fonctions Π_m, qui se déduisent de celles dont il vient d'être question par le changement de n en $-(n+1)$. En effectuant ce changement dans l'équation (7), on trouve

$$\Pi_m = [-(n-m+1)\zeta + (n+m)]\,\Pi_{m-1} - (m-1)^2\,\zeta\,\Pi_{m-2},$$

équation qui définira la nouvelle fonction Π_m.

On trouve, d'ailleurs, immédiatement

$$\Pi_0 = 1, \quad \Pi_1 = -n\zeta + (n+1),$$

d'où l'on conclut pour $\zeta = 1$,

$$\Pi_0 = 1, \quad \Pi_1 = 1, \quad \Pi_2 = 1.2, \ldots, \quad \Pi_m = 1.2\ldots m.$$

D'ailleurs, pour $\zeta = +\infty$, deux fonctions Π consécutives sont toujours de signes contraires; d'où il résulte que quand ζ varie de 1 à ∞, la suite des signes des fonctions

$$\Pi_m, \ \Pi_{m-1}, \ldots, \ \Pi_2, \ \Pi_1, \ \Pi_0$$

gagne m variations, et, par conséquent, que l'équation

$$\Pi_m = 0$$

a ses m racines réelles positives, mais plus grandes que 1, en sorte qu'elles ne peuvent pas servir à l'objet que nous nous proposions dans la première partie de ce mémoire.

L'expression de la nouvelle fonction Π_m se déduira de l'ancienne fournie par l'équation (9), en changeant n en $-(n+1)$; on trouve ainsi

$$\Pi_m(\zeta) = \zeta^{n+m+1} \frac{d^m}{d\zeta^m} \frac{(\zeta-1)^m}{\zeta^{n+1}}.$$

TROISIÈME PARTIE.

Nous allons maintenant étudier en particulier les courbes elliptiques de la première classe. Nous donnerons ensuite l'expression des coordonnées rectangulaires des courbes de la seconde classe, ainsi que de celles qui appartiennent aux diverses classes de rang impair, et dont l'arc, comme celui de la lemniscate, s'exprime par une fonction elliptique de première espèce, au module $\sqrt{\frac{1}{2}}$.

I.

Les carrés des modules des fonctions elliptiques, qui représentent les arcs des courbes de première classe, sont donnés par l'équation

$$\Pi_1 = 0, \text{ ou } (n+1)\zeta - n = 0,$$

d'où l'on tire

$$\zeta = \frac{n}{n+1}.$$

Les coordonnées rectangulaires x et y seront données par l'équation

$$x + iy = ce^{\omega i} \int \frac{(z-a)(z+a)^n}{(z-a)^2(z+a)^{n+1}} dz,$$

que l'on déduit de l'équation (4) du paragraphe III de la première partie, en faisant $m = 1$; et comme on a

$$\frac{(a+\alpha)^2}{4a\alpha} = \zeta = \frac{n}{n+1},$$

l'intégrale du second membre sera algébrique. Cela posé, il est évident qu'après l'intégration, le dénominateur de $x+iy$ sera $(z-\alpha)(z+\alpha)^n$, et que le numérateur ne pourra être d'un degré supérieur à celui du dénominateur : en outre, d'après un théorème démontré à la fin du paragraphe I^er^ de la première partie, on peut disposer de la constante que l'intégration introduit dans la valeur de $x+iy$, de manière que le numérateur de cette quantité soit divisible par $(z+a)^{n+1}$; et comme ce numérateur ne peut être d'un degré supérieur à $n+1$, on pourra écrire la valeur suivante de $x+iy$ et celle de $x-iy$, qui se déduit de la première par le changement de i en $-i$, c'est-à-dire de a et α en α et a :

$$(1)\qquad \begin{cases} x+iy = ce^{\omega i}\dfrac{(z+a)^{n+1}}{(z-\alpha)(z+\alpha)^n}, \\ x-iy = ce^{-\omega i}\dfrac{(z+\alpha)^{n+1}}{(z-a)(z+a)^n}. \end{cases}$$

Telles sont les équations sous forme finie qui appartiennent aux courbes de la première classe; c et ω y désignent des constantes réelles, mais qui n'ont pas les mêmes valeurs que dans la première expression de $x+iy$. La considération de ces constantes est peu importante: c est un paramètre qu'on peut prendre pour unité; les variations de l'angle ω correspondent à un changement d'axes coordonnés : nous conservons cette constante, afin qu'on puisse en disposer pour que la courbe soit rapportée dans chaque cas aux axes les plus commodes.

Différentiant les équations (1), et ayant égard à la condition

$$(2)\qquad \frac{(a+\alpha)^2}{4a\alpha} = \frac{n}{n+1}$$

on trouve

$$(3)\qquad \begin{cases} dx+i\,dy = ce^{\omega i}\left[-(a+\alpha)-n(a-\alpha)\right]\dfrac{(z-a)(z+a)}{(z-\alpha)^2(z+\alpha)^{n+1}}\,dz, \\ dx-i\,dy = ce^{\omega i}\left[-(a+\alpha)+n(a-\alpha)\right]\dfrac{(z-\alpha)(z+\alpha)^n}{(z-a)^2(z+a)^{n+1}}\,dz. \end{cases}$$

Cela posé, si r désigne le rayon vecteur $\sqrt{x^2+y^2}$, ds la différentielle de l'arc $\sqrt{dx^2+dy^2}$, on aura, en vertu des équations (1), (2) et (3),

$$(4)\qquad r^2 = c^2\,\frac{(z+a)(z+\alpha)}{(z-a)(z-\alpha)},$$

$$(5)\qquad ds = 2\,c\sqrt{n\,a\,\alpha}\,\frac{dz}{\sqrt{(z+a)(z+\alpha)(z-a)(z-\alpha)}}.$$

Remarquons maintenant que, les équations (3) se déduisant des équations (2) par la différentiation, aucun des résultats précédents n'est modifié, si l'on suppose n fractionnaire ou incommensurable [1]. Les courbes définies par les équations (2) ne cesseront pas d'être algébriques, si n est commensurable ; seulement leurs coordonnées rectangulaires ne seront plus exprimables en fonction rationnelle de l'amplitude z. Quoi qu'il en soit, nous supposerons désormais que n peut être fractionnaire, en sorte que les courbes elliptiques de la première classe pourront représenter toutes les fonctions elliptiques de première espèce, qui ont pour module la racine carrée d'un nombre commensurable quelconque.

II.

On obtient aisément l'équation en r et s des courbes dont nous nous occupons ; si l'on élimine z et dz entre les équations (5) (4) et l'équation qu'on obtient en différentiant (4), on trouve très-aisément, en prenant pour unité le paramètre c,

$$(6)\qquad ds = 2\sqrt{n(n+1)}\,\frac{dr}{\sqrt{-r^4+2(2n+1)r^2-1}};$$

[1] Je dois cette remarque à mon illustre ami M. Liouville.

ce qui donne ce théorème remarquable : *L'arc des courbes de première classe est une fonction elliptique du rayon vecteur.*

Si θ désigne la seconde coordonnée polaire, on aura pour l'équation différentielle de ces courbes,

$$\sqrt{dr^2 + r^2\,d\theta^2} = 2\sqrt{n\,(n+1)}\,\frac{dr}{\sqrt{-r^4 + 2\,(2n+1)\,r^2 - 1}}$$

où

$$d\theta = \frac{r^2 - (2n+1)}{\sqrt{-r^4 + 2\,(2n+1)\,r^2 - 1}}\,\frac{dr}{r}; \tag{7}$$

on tire de là

$$\tfrac{1}{2}\,r^2\,d\theta = \tfrac{1}{4}\,\frac{r^2 - (2n+1)}{\sqrt{-r^4 + 2\,(2n+1)\,r^2 - 1}}\,d\,(r^2),$$

d'où

$$\int \tfrac{1}{2}\,r^2\,d\theta^2 = -\tfrac{1}{4}\sqrt{-r^4 + 2\,(2n+1)\,r^2 - 1} + \text{constante},$$

ce qui montre que *les courbes de la première classe sont toutes carrables.*

L'équation (7) fait connaître la valeur de $\dfrac{r}{\left(\dfrac{dr}{d\theta}\right)}$ en fonction de r; on en déduit aisément, par la différentiation, la valeur du rayon de courbure R, qui est

$$\mathrm{R} = \frac{2r\sqrt{n\,(n+1)}}{3r^2 - (2n+1)}.$$

Dans le cas de $n = 1$, qui est précisément le cas de la lemniscate, on a

$$ds = 2\sqrt{2}\,\frac{dr}{\sqrt{-r^4 + 6r^2 - 1}};$$

r désigne ici, comme on le verra plus loin, le rayon vecteur issu

de l'un des foyers : on sait que si r' désigne le rayon vecteur mené du centre, on a plus simplement

$$ds = \frac{dr'}{\sqrt{1 - r'^4}};$$

mais ces deux formes se déduisent aisément l'une de l'autre par la relation qui existe entre r et r'.

III.

On obtiendrait facilement l'équation sous forme finie des courbes de la première classe, en éliminant z entre l'équation (4) et l'une des équations (1); mais il est encore plus simple de la déduire de l'équation (7) par l'intégration.

On a, par l'équation (7),

$$d\theta = \frac{r\,dr}{\sqrt{-r^4 + 2(2n+1)r^2 - 1}} - (2n+1)\frac{\frac{dr}{r}}{\sqrt{-r^4 + 2(2n+1)r^2 - 1}},$$

où l'on doit avoir soin de prendre partout le radical avec le même signe; il est clair que, pour que le radical soit réel, il faut que r^2 et $\frac{1}{r^2}$ soient compris l'un et l'autre entre

$$2n + 1 - 2\sqrt{n(n+1)} \text{ et } 2n + 1 + 2\sqrt{n(n+1)}.$$

On pourra donc poser

$$(8) \qquad \begin{cases} r^2 = 2n + 1 + 2\sqrt{n(n+1)}\cos 2\lambda, \\ \frac{1}{r^2} = 2n + 1 + 2\sqrt{n(n+1)}\cos 2\mu, \end{cases}$$

λ et μ désignant deux angles, qu'on pourra évidemment ne faire

varier que de o à $\frac{\pi}{2}$, et dont, par suite, toutes les lignes trigonométriques seront positives; d'après cela, on trouve

$$\frac{r\,dr}{\sqrt{-r^4+2(2n+1)r^2-1}} = -d\lambda,$$

$$\frac{\frac{dr}{r}}{\sqrt{-r^4+2(2n+1)r^2-1}} = d\mu,$$

et l'équation (7) deviendra

$$d\theta = -d\lambda - (2n+1)\,d\mu,$$

d'où, en intégrant et désignant par θ_0 une constante arbitraire,

$$\theta = \theta_0 - \lambda - (2n+1)\,\mu.$$

Nous supposerons la constante $\theta_0 = \frac{\pi}{2}$, ce qui ne fait que déterminer l'axe à partir duquel on compte l'angle polaire θ, et l'on aura

$$e^{i\theta} = e^{i\left(\frac{\pi}{2}-\lambda-\mu\right)}\,e^{-2ni\mu},$$

ou

$$(9)\quad \cos\theta + i\sin\theta = [\sin(\lambda+\mu) + i\cos(\lambda+\mu)](\cos 2\mu - i\sin 2\mu)^n.$$

Faisons, pour abréger,

$$\Delta = \sqrt{-r^4+2(2n+1)r^2-1};$$

on aura, en vertu des équations (8),

$$\cos 2\mu = \frac{1-(2n+1)r^2}{2r^2\sqrt{n(n+1)}}, \qquad \sin 2\mu = \frac{\Delta}{2r^2\sqrt{n(n+1)}},$$

$$\cos 2\lambda = \frac{r^2-(2n+1)}{2\sqrt{n(n+1)}}, \qquad \sin 2\lambda = \frac{\Delta}{2\sqrt{n(n+1)}};$$

d'où

$$\cos 2\mu - i \sin 2\mu = \frac{[1-(2n+1)r^2]-i\Delta}{2r^2\sqrt{n(n+1)}},$$

$$\cos 2\lambda - i \sin 2\lambda = \frac{[r^2-(2n+1)]-i\Delta}{2\sqrt{n(n+1)}},$$

et par suite, en multipliant,

$$\cos 2(\lambda+\mu) - i \sin 2(\lambda+\mu) = \frac{-(r^2+1)^2+2i(r^2+1)\Delta+\Delta^2}{4(n+1)r^2}.$$

Enfin, en extrayant la racine carrée des deux membres de cette équation, et multipliant ensuite de part et d'autre par i, on aura

$$\sin(\lambda+\mu) + i\cos(\lambda+\mu) = \frac{(r^2+1)-i\Delta}{2r\sqrt{n+1}}.$$

D'après cela, l'équation (9) deviendra

$$(10) \qquad \cos\theta + i\sin\theta = \frac{[(r^2+1)-i\Delta][1-(2n+1)r^2-i\Delta]^n}{2^{n+1}n^{\frac{n}{2}}(n+1)^{\frac{n+1}{2}}r^{2n+1}}.$$

Telle est l'équation générale des courbes de la première classe en coordonnées polaires. Si x et y désignent les coordonnées rectangulaires, on aura, en multipliant l'équation (10) par r,

$$x + iy = \frac{[(r^2+1)-i\Delta][1-(2n+1)r^2-i\Delta]^n}{2^{n+1}n^{\frac{n}{2}}(n+1)^{\frac{n+1}{2}}r^{2n}}.$$

Dans le cas de n entier, on en déduit pour x et y des valeurs de la forme

$$x = \frac{F(r^2)}{r^{2n}}, \qquad y = \frac{f(r^2)}{r^{2n}}\Delta,$$

F et f désignant des fonctions entières et rationnelles, la première du degré $n+1$, et la seconde du degré n.

On peut conclure de ce qui précède un théorème assez remarquable; car, si l'on pose

$$(11) \qquad x = \frac{F(r^2)}{r^{2n}}, \qquad y = \frac{f(r^2)}{r^{2n}}\Delta,$$

et que l'on détermine les polynômes F et f respectivement des degrés $n+1$ et n par la condition que

$$x^2+y^2=r^2,$$

les $2n+3$ coefficients de F et f seront entièrement déterminés, ainsi que les fonctions x et y, qui satisferont dès lors à l'équation

$$\sqrt{dx^2+dy^2}=2\sqrt{n(n+1)}\,\frac{dr}{\Delta}.$$

En d'autres termes, si F et f sont des fonctions entières, et si r désigne le rayon vecteur de la courbe dont les coordonnées rectangulaires x et y sont données par les équations (11), l'arc de cette courbe sera, par cela même, exprimé par l'intégrale elliptique

$$2\sqrt{n(n+1)}\int\frac{dr}{\sqrt{-r^4+2(2n+1)r^2-1}}.$$

Si n est fractionnaire et égal à $\frac{p}{q}$, l'équation (10) ne cessera pas d'être algébrique, et l'on aura, en élevant ses deux membres à la puissance q,

$$(12)\qquad \cos q\theta+i\sin q\theta=\frac{(r^2+1-i\Delta)^q\left(1-\frac{2p+q}{q}r^2-i\Delta\right)^p}{2^{p+q}\left(\frac{p}{q}\right)^{\frac{p}{2}}\left(\frac{p+q}{q}\right)^{\frac{p+q}{2}}r^{2p+q}},$$

avec

$$\Delta=\sqrt{-r^4+2\,\frac{2p+q}{q}\,r^2-1},$$

et l'on en déduira, pour $\cos q\theta$ et $\sin q\theta$, des valeurs de la forme

$$\cos q\theta=\frac{F(r^2)}{r^{2p+q}},\qquad \sin q\theta=\frac{f(r^2)}{r^{2p+q}}\Delta,$$

F et f désignant des fonctions entières, la première du degré

$p+q$, la seconde du degré $p+q-1$. Si q est pair, l'axe des x et celui des y seront deux axes de la courbe, car alors la quantité $r^q \cos q\theta$ est une fonction paire de x et de y, en sorte que l'équation de la courbe a la forme

$$\Psi(x^2, y^2) = 0,$$

Ψ désignant une fonction entière et rationnelle.

IV.

On ramène aisément la différentielle de l'arc de nos courbes à la forme elliptique ordinaire, en posant, comme dans le paragraphe précédent,

$$r^2 = 2n+1+2\sqrt{n(n+1)}\cos 2\lambda,$$

ou

$$\frac{1}{r^2} = 2n+1+2\sqrt{n(n+1)}\cos 2\mu.$$

Si l'on fait cette substitution dans l'équation (6), on trouve

$$ds = \frac{-2\sqrt{n(n+1)}}{\sqrt{n+1}+\sqrt{n}} \frac{d\lambda}{\sqrt{1-k'^2\sin^2\lambda}},$$

ou

$$ds = \frac{2\sqrt{n(n+1)}}{\sqrt{n+1}+\sqrt{n}} \frac{d\mu}{\sqrt{1-k'^2\sin^2\mu}},$$

en faisant, pour abréger,

$$k' = \frac{2\sqrt[4]{n(n+1)}}{\sqrt{n+1}+\sqrt{n}}.$$

Cette forme du module est moins simple que celle qu'on avait tirée d'abord de l'équation $\Pi_1 = 0$, et qui est

$$k = \sqrt{\frac{n}{n+1}};$$

mais il est aisé de vérifier que ces deux modules sont liés l'un à l'autre par la relation

$$k' = \frac{2\sqrt{k}}{k+1},$$

en sorte qu'on peut passer de l'un à l'autre par la transformation connue.

V.

Si l'on fait $n = 1$ dans l'équation (10), on trouve

$$\cos\theta + i\sin\theta = \frac{-(r^4+14r^2-1)+i(r^3-1)\sqrt{-r^4+6r^2-1}}{4r^3},$$

d'où

$$\cos\theta = \frac{-(r^4+4r^2-1)}{4r^3}, \qquad \sin\theta = \frac{(r^3-1)\sqrt{-r^4+6r^2-1}}{4r^3}.$$

Ces équations appartiennent toutes deux à la courbe de première classe qui correspond à $n = 1$; cette courbe n'est autre que la lemniscate. En effet, la première des équations qui précèdent peut se mettre sous la forme

$$r^2(r^2+4r\cos\theta+4) = 1,$$

ou

$$rr' = 1,$$

en désignant par r' le rayon vecteur issu du point situé sur l'axe polaire à une distance de l'origine égale à 2 : ce qui démontre la proposition énoncée.

Si, en second lieu, on fait $n = 2$ dans l'équation (10), on aura

$$\cos\theta + i\sin\theta = \frac{(4r^6+27r^4-12r^2+1)+i(-4r^3+7r^2-1)\sqrt{-r^4+10r^2-1}}{12r^5\sqrt{3}},$$

d'où

$$\cos\theta = \frac{4r^6+27r^4-12r^2+1}{12r^5\sqrt{3}}, \qquad \sin\theta = \frac{(-4r^3+7r^2-1)\sqrt{-r^4+10r^2-1}}{12r^5\sqrt{3}}.$$

L'une quelconque de ces équations appartient à la courbe de première classe qui correspond à $n = 2$: de la première on tire

$$r^2 - 3\sqrt{3}r\cos\theta + \frac{27}{4} = \frac{3}{r^2} - \frac{1}{4r^4},$$

en sorte que si r' désigne le rayon vecteur issu du point situé sur l'axe polaire à une distance de l'origine égale à $\frac{3\sqrt{3}}{2}$, l'équation de cette courbe entre les rayons r' et r sera

$$r'^2 = \frac{3}{r^2} - \frac{1}{4r^4}.$$

L'équation qui fournit $\cos\theta$ ou $\sin\theta$ en fonction de r permet de construire assez facilement cette courbe dont l'arc s'exprime par la fonction elliptique de module $\sqrt{\frac{2}{3}}$, et qui est du sixième degré en coordonnées rectangulaires.

On a vu, au paragraphe IV, que si n est entier, l'équation générale de nos courbes de première classe est du degré $2(n+1)$, en sorte que la courbe particulière dont nous venons de parler est la plus simple après la lemniscate; mais si l'on donne à n une valeur fractionnaire $\frac{p}{q}$, le degré de l'équation générale sera $2(p+q)$, et ce nombre se réduira à 6 pour $p = 1$ et $q = 2$: on aura ainsi une deuxième courbe du sixième degré, tout aussi simple que la première. Dans cette hypothèse, l'équation (12) donne

$$\cos 2\theta + i\sin 2\theta = \frac{-(r^6+6r^3-2)+i(r^4+2r^2-2)\sqrt{-r^4+4r^2-1}}{3r^4\sqrt{3}},$$

d'où

$$\cos 2\theta = -\frac{r^6+6r^3-2}{3r^4\sqrt{3}}, \qquad \sin 2\theta = \frac{(r^4+2r^2-2)\sqrt{-r^4+4r^2-1}}{3r^4\sqrt{3}};$$

l'une ou l'autre de ces équations représente la courbe de première classe qui correspond à $n = \frac{1}{2}$.

On voit, en résumé, que dans la première classe la lemniscate

est la seule courbe du quatrième degré; son arc est exprimé par la fonction elliptique de première espèce au module $\sqrt{\frac{1}{2}}$, laquelle coïncide avec sa fonction complémentaire. Après la lemniscate, viennent les deux courbes du sixième degré dont nous venons de donner les équations: les arcs de ces deux courbes sont exprimés par les deux fonctions elliptiques complémentaires aux modules $\sqrt{\frac{2}{3}}$ et $\sqrt{\frac{1}{3}}$; et en général, si dans l'équation (10) on fait successivement

$$n = \frac{p}{q} \quad \text{et} \quad n = \frac{q}{p},$$

on aura deux courbes du degré $2(p+q)$, dont les arcs seront exprimés par les fonctions elliptiques complémentaires, aux modules

$$\sqrt{\frac{p}{p+q}} \quad \text{et} \quad \sqrt{\frac{q}{p+q}}.$$

VI.

Les carrés des modules des fonctions elliptiques qui représentent les arcs des courbes de la seconde classe sont donnés par l'équation

$$\Pi_2 = 0 \text{ ou } (n+2)(n+1)\zeta^2 - 2(n+1)n\zeta + n(n-1) = 0,$$

d'où l'on tire

$$\zeta = \frac{n(n+1) \pm \sqrt{2n(n+1)}}{(n+1)(n+2)}.$$

Les coordonnées rectangulaires x et y seront données par l'équation

$$x + iy = ce^{\omega i} \int \frac{(z-a)^2 (z+a)^n}{(z-\alpha)^3 (z+\alpha)^{n+1}} dz,$$

que l'on déduit de l'équation (4) du paragraphe III de la première partie, en faisant $m = 2$; et comme on a

$$\frac{(a+\alpha)^2}{4a\alpha} = \zeta = \frac{n(n+1) \pm \sqrt{2n(n+1)}}{(n+1)(n+2)},$$

l'intégrale du second membre sera algébrique. Cela posé, il est évident qu'après l'intégration, le dénominateur de $x + iy$ sera $(z-\alpha)^2(z+\alpha)^n$, et que le numérateur ne pourra être d'un degré supérieur à celui du dénominateur : en outre, d'après le théorème déjà invoqué au paragraphe I^er^ de cette troisième partie, on peut disposer de la constante que l'intégration introduit dans la valeur de $x + iy$, de manière que le numérateur de cette quantité soit divisible par $(z+a)^{n+1}$; et comme ce numérateur est du degré $n+2$, on pourra écrire la valeur suivante de $x+iy$, et, par suite, celle de $x-iy$, qui se déduit de la première par le changement de i en $-i$,

$$(13) \qquad \begin{cases} x + iy = ce^{\omega i \frac{(z-b)(z+a)^{n+1}}{(z-\alpha)^2(z+\alpha)^n}}, \\ x - iy = ce^{\omega i \frac{(z-\beta)(z+\alpha)^{n+1}}{(z-a)^2(z+a)^n}}. \end{cases}$$

Nous ferons ici la remarque déjà faite lorsque nous nous sommes occupé des courbes de la première classe : c et ω sont des constantes réelles, mais qui n'ont pas les mêmes valeurs que dans la valeur de $x+iy$ écrite précédemment. Quant aux quantités b et β, elles sont imaginaires et conjuguées ; leurs valeurs se détermineront immédiatement par la condition que $dx + idy$ et $dx - i\,dy$ s'annulent respectivement pour $z = a$ et $z = \alpha$.

Si l'on forme la quantité $\frac{dx + i\,dy}{x+iy}$ et que l'on y fasse $z = a$, on trouvera de suite

$$\frac{1}{a-b} + \frac{n+1}{2a} - \frac{2}{a-\alpha} - \frac{n}{a+\alpha} = 0,$$

d'où

$$(14) \qquad b = a\,\frac{(n+1)a^2 - 2(n-2)a\alpha + (n+3)\alpha^2}{(n+1)\alpha^2 - 2(n-2)a\alpha + (n+3)a^2},$$

et l'on aura la valeur de β en changeant a et α l'un en l'autre dans celle de b, savoir :

$$\beta = \alpha \frac{(n+1)\alpha^2 - 2(n-2)a\alpha + (n+3)a^2}{(a+1)a^2 - 2(n-2)a\alpha + (n+3)\alpha^2}. \tag{15}$$

Différentiant les équations (13), et ayant égard à la condition

$$\frac{(a+\alpha)^2}{4a\alpha} = \frac{n(a+1) \pm 2\sqrt{n(n+1)}}{(n+1)(n+2)},$$

ainsi qu'aux équations (14) et (15), on trouve

$$\begin{cases} dx + idy = ce^{\omega i}\left[b - (n+1)a + (n-2)\alpha\right]\dfrac{(z-a)^2(z+a)^n}{(z-\alpha)^3(z+\alpha)^{n+1}}dz, \\ dx - idy = ce^{-\omega i}\left[\beta - (n+1)\alpha + (n-2)a\right]\dfrac{(z-a)^2(z+\alpha)^n}{(z-a)^3(z+a)^{n+1}}dz. \end{cases} \tag{16}$$

On voit que l'on peut supposer n fractionnaire, comme pour les courbes de la première classe, et l'on pourra évidemment admettre la même extension pour les courbes des classes suivantes.

Désignons, pour abréger, par c' le module des expressions imaginaires conjuguées

$$ce^{\omega i}\left[b-(n+1)a+(n-2)\alpha\right] \quad \text{et} \quad ce^{-\omega i}\left[\beta-(n+1)\alpha+(n-2)a\right];$$

appelons en même temps r le rayon vecteur $\sqrt{x^2+y^2}$ et ds la différentielle de l'arc, c'est-à-dire $\sqrt{dx^2+dy^2}$: les équations (13) et (16) donneront par la multiplication

$$r^2 = c^2 \frac{(z-b)(z-\beta)(z+a)(z+\alpha)}{(z-a)^2(z-\alpha)^2},$$

$$ds = c' \frac{dz}{\sqrt{(z+a)(z+\alpha)(z-a)(z-\alpha}}.$$

Cela posé, observons que les équations (14) et (15) donnent $b\beta = a\alpha$; posons

$$\frac{b+\beta}{2\sqrt{b\beta}} = \lambda,$$

et prenons à la place de z une variable u, telle que

$$z = \sqrt{a\alpha}\,\frac{u}{1+\sqrt{1-u^2}};$$

on pourra écrire ainsi les valeurs de r^2 et de ds:

$$r^2 = c^2\,\frac{(1-\lambda u)\,(1+u\sqrt{\zeta})}{(1-u\sqrt{\zeta})^2},$$

$$ds = \frac{c'}{2\sqrt{a\alpha}}\,\frac{du}{\sqrt{1-u^2}\,\sqrt{1-\zeta u^2}};$$

on peut prendre pour unité la quantité $\frac{c'}{2\sqrt{a\alpha}}$, et, en supposant que s s'annule en même temps que u, on aura

$$s = \int_0^u \frac{du}{\sqrt{1-u^2}\,\sqrt{1-\zeta u^2}},\ \text{d'où}\ u = \sin am\, s.$$

Il s'ensuit que l'équation des courbes de la seconde classe entre les coordonnées r et s sera

$$r^2 = c^2\,\frac{(1-\lambda \sin am\, s)\,(1+\sqrt{\zeta}\sin am\, s)}{(1-\sqrt{\zeta}\sin am\, s)^2}. \tag{17}$$

Les constantes c et λ qui restent dans cette équation peuvent s'exprimer par le module $\sqrt{\zeta}$ de la fonction elliptique $\sin am\, s$; on trouve

$$\lambda = \sqrt{\zeta}\,\frac{(1+\zeta)^2 \pm 2\,(1-\zeta)\,\sqrt{1+6\zeta+\zeta^2}}{1+6\zeta-3\zeta^2},$$

$$c^2 = \frac{2\,(1-\zeta)\,(1+6\zeta-3\zeta^2)}{(9+34\zeta-19\zeta^2-12\zeta^3)\mp(9+7\zeta-12\zeta^2)\sqrt{1+6\zeta+\zeta^2}},$$

et la courbe représentée par l'équation (17) sera algébrique si la quantité $\sqrt{\zeta}$ est telle, que

$$\frac{1+3\zeta\mp\sqrt{1+6\zeta+\zeta^2}}{2\,(1-\zeta)}$$

soit un nombre commensurable quelconque n.

VII.

Nous avons vu, dans la seconde partie de ce mémoire, que chaque classe de rang impair comprend une courbe dont l'arc peut, comme celui de la lemniscate, représenter la fonction elliptique de première espèce au module $\sqrt{\frac{1}{2}}$. On obtiendra l'équation générale de ces courbes en faisant

$$m = n = \text{un nombre impair } 2\mu + 1$$

dans l'équation (4) du paragraphe III de la première partie, où l'on doit, en outre, supposer

$$\frac{(a+\alpha)^2}{4a\alpha} = \frac{1}{2}.$$

Comme on peut prendre arbitrairement le produit $a\alpha$, on pourra faire

$$a^2 = i, \quad \alpha^2 = -i,$$

et l'on aura

$$x + iy = ce^{\omega i}\int \frac{(z^2-i)^{2\mu+1}}{(z^2+i)^{2\mu+2}}\,dz$$

pour l'équation des courbes dont nous nous occupons, et que nous désignerons sous le nom général de *lemniscates* du premier, second, etc., ordre.

En posant $z = -\sqrt{\cot\varphi}$, et remarquant que c et ω sont des constantes auxquelles on peut attribuer des valeurs quelconques, on pourra écrire les valeurs suivantes de x et y:

$$(18)\qquad \begin{cases} x = c\int \dfrac{\cos(4\mu+3)\varphi}{\sqrt{\sin 2\varphi}}\,d\varphi, \\ y = c\int \dfrac{\sin(4\mu+3)\varphi}{\sqrt{\sin 2\varphi}}\,d\varphi. \end{cases}$$

Si l'on fait $\mu = 0$, les équations (18) donnent

$$x = c\cos\varphi\sqrt{\sin 2\varphi},$$
$$y = c\sin\varphi\sqrt{\sin 2\varphi}.$$

Ce sont les équations de la lemniscate ordinaire.

Si l'on fait $\mu = 1$ dans les équations (18), on obtiendra les équations de la *seconde lemniscate*, savoir :

$$x = c\,(\cos 5\varphi + 2\cos\varphi)\sqrt{\sin 2\varphi},$$
$$y = c\,(\sin 5\varphi + 2\sin\varphi)\sqrt{\sin 2\varphi}.$$

En général, quand on aura les coordonnées de la $\mu^{ième}$ lemniscate, on aura aisément celles de la $(\mu+1)^{ième}$ à l'aide des formules de réduction

$$\int\frac{\cos(4\mu+3)\varphi}{\sqrt{\sin 2\varphi}}\,d\varphi = \frac{1}{2\mu+1}\cos(4\mu+1)\varphi\sqrt{\sin 2\varphi} + \frac{2\mu}{2\mu+1}\int\frac{\cos(4\mu-1)\varphi}{\sqrt{\sin 2\varphi}}\,d\varphi,$$
$$\int\frac{\sin(4\mu+3)\varphi}{\sqrt{\sin 2\varphi}}\,d\varphi = \frac{1}{2\mu+1}\sin(4\mu+1)\varphi\sqrt{\sin 2\varphi} + \frac{2\mu}{2\mu+1}\int\frac{\sin(4\mu-1)\varphi}{\sqrt{\sin 2\varphi}}\,d\varphi.$$

QUATRIÈME PARTIE.

THÉORIE GÉOMÉTRIQUE DES COURBES ELLIPTIQUES DE LA PREMIÈRE CLASSE.

I.

L'étude approfondie des résultats auxquels nous sommes parvenus dans la troisième partie de ce travail m'a conduit à deux propriétés géométriques remarquables, communes à toutes les courbes elliptiques de la première classe, et qui fournissent pour ces courbes un mode uniforme de génération d'une extrême élégance.

Ces propriétés peuvent servir à définir les courbes elliptiques de la première classe, dont la théorie deviendra dès lors entièrement indépendante des considérations analytiques qui me les ont fait découvrir.

A ce nouveau point de vue où je me place, je commence par démontrer, pour la lemniscate, les deux propriétés dont je viens de parler, et la généralisation, comme on le verra, se présentera d'elle-même.

THÉORÈME I. *Soit r le rayon vecteur issu de l'un des foyers d'une lemniscate dont la demi-distance focale est prise pour unité, et dont le demi-axe sera, dès lors,* $\sqrt{2}$; *on pourra toujours construire un triangle dont les côtés seront respectivement r,* 1 *et* $\sqrt{2}$, *car le rayon vecteur ne varie qu'entre les limites* $\sqrt{2} - 1$ *et* $\sqrt{2} + 1$: *cela posé, si* α *désigne l'angle de ce triangle opposé au côté* $\sqrt{2}$, *et* β *celui qui est opposé au côté* 1, *l'angle polaire* θ, *que forme le rayon vecteur de la lemniscate avec l'axe, sera toujours donné par l'équation*

$$\cos\theta = \cos(\alpha - 2\beta).$$

Remarque [1]. Soient O l'origine, c'est-à-dire l'un des foyers de la lemniscate, et OM un rayon vecteur quelconque; construisons le triangle OMP, de telle sorte que

$$OP = 1 \text{ et } MP = \sqrt{2}$$

(ce triangle peut être fait d'un côté ou de l'autre de OM, cela importe peu en ce moment), puis imaginons que le point M décrive d'un mouvement continu la lemniscate entière; le point P, qu'on peut toujours supposer se mouvoir d'un mouvement continu, décrira deux fois la circonférence tracée de l'origine comme centre, avec l'unité comme rayon.

Corollaire. Du théorème précédent, qu'on démontre très-aisément, on déduit la génération suivante de la lemniscate :

[1] Le lecteur est prié de faire lui-même les figures.

Soit OMP *un triangle dont le sommet* O *est fixe, et dont les côtés mobiles* OP *et* MP *sont constamment égaux, l'un à* 1, *l'autre à* $\sqrt{2}$; *si l'on fait varier ce triangle, de telle sorte que le cosinus de l'angle formé par le côté variable* OM *avec une droite fixe soit constamment égal au cosinus de l'angle* MOP − 2OMP, *le point* M *engendrera une lemniscate dont* O *sera un foyer, et la droite fixe l'axe.*

Théorème II. *Soit, comme précédemment,* OM *un rayon vecteur de la lemniscate, et construisons le triangle* OMP *de part et d'autre de* OM : *la tangente en* M *à la lemniscate passera constamment par le centre du cercle circonscrit à l'un de ces triangles; si, en outre, on considère spécialement celui de ces triangles pour lequel cette propriété a lieu, et qu'en vertu du théorème I, on le fasse servir à la description de la lemniscate par un mouvement continu, cette propriété se conservera pour toutes les positions de ce triangle.*

Remarque. Ce théorème donne un moyen très-simple de construire la tangente en un point de la courbe, car il suffira de construire le triangle correspondant à ce point, et de déterminer le centre du cercle circonscrit à ce triangle; mais il conduit aussi à un nouveau mode de génération pour la lemniscate.

Théorème III. *Soit* OMP *un triangle dont le sommet* O *est fixe, et dont les côtés mobiles* OP *et* MP *sont constamment égaux, l'un à* 1, *l'autre à* $\sqrt{2}$: *le sommet* M *décrira une lemniscate dont* O *sera un foyer, si son déplacement infiniment petit* MM′ *a constamment lieu suivant le rayon* CM *du cercle circonscrit au triangle* OMP.

Remarque. Le triangle dont nous venons de parler joue, comme on voit, un rôle assez important dans la théorie de la lemniscate : aussi, je ne crois pas inutile de mentionner une dernière propriété, qui consiste en ce que l'aire de ce triangle et l'aire du secteur de la courbe ont la même différentielle.

II.

La généralisation des propriétés précédentes conduit immé-

diatement à la théorie complète des courbes elliptiques de la première classe.

Soit n un nombre entier, ou fractionnaire, ou même incommensurable, et construisons le triangle OMP *tel que*

$$\mathrm{OP} = \sqrt{n} \quad \text{et} \quad \mathrm{MP} = \sqrt{n+1},$$

puis imaginons que, le sommet O *restant fixe, le triangle varie de telle sorte que le cosinus de l'angle θ, formé par le seul côté variable* OM *avec une droite fixe, soit constamment égal au cosinus de l'angle*

$$n.\,\mathrm{MOP} - (n+1)\,\mathrm{OMP};$$

le point M *engendrera une courbe (algébrique si n est commensurable) dont l'arc sera une fonction elliptique du rayon vecteur, réductible au module* $\sqrt{\frac{n}{n+1}}$, *et les courbes ainsi engendrées ne sont autres que celles que j'ai désignées sous le nom de* courbes elliptiques de la première classe.

Soient, en effet, $\mathrm{MOP} = \alpha$, $\mathrm{OMP} = \beta$; l'équation de la courbe résultera de l'élimination de α et β entre

$$\cos\theta = \cos\left[n\alpha - (n+1)\beta\right],$$

$$\cos\alpha = \frac{r^2 - 1}{2r\sqrt{n}},$$

$$\cos\beta = \frac{r^2 + 1}{2r\sqrt{n+1}}.$$

De ces deux dernières on déduit

$$\sin\alpha = \frac{\Delta}{2r\sqrt{n}},$$

$$\sin\beta = \frac{\Delta}{2r\sqrt{n+1}},$$

en faisant, pour abréger,

$$\Delta = \sqrt{-r^4 + 2(2n+1)r^2 - 1}.$$

Cela posé, on trouve, par la différentiation,

$$\pm d\theta = n\,d\alpha - (n+1)\,d\beta,$$

$$d\alpha = -\frac{r^2+1}{\Delta}\frac{dr}{r},$$

$$d\beta = -\frac{r^2-1}{\Delta}\frac{dr}{r};$$

d'où

$$\pm d\theta = \frac{r^2-(2n+1)}{\Delta}\frac{dr}{r},$$

et, par suite, on aura pour la différentielle de l'arc

$$\pm ds = 2\sqrt{n(n+1)}\,\frac{dr}{\Delta},$$

ce qui est bien l'équation différentielle des courbes elliptiques de la première classe, que nous avons formée dans la troisième partie.

Des équations précédentes, on déduit encore les formules suivantes qu'il convient de remarquer,

$$\mp ds = \sqrt{n}\,\frac{d\alpha}{\cos\beta},$$

$$\mp ds = \sqrt{n+1}\,\frac{d\beta}{\cos\alpha}.$$

On a d'ailleurs, en posant $k = \sqrt{\frac{n}{n+1}}$,

$$\sin\beta = k\sin\alpha,$$

d'où

$$\cos\beta = \sqrt{1-k^2\sin^2\alpha};$$

donc, en supposant que l'arc s croisse en même temps que α, on aura

$$ds = \sqrt{n}\,\frac{d\alpha}{\sqrt{1-k^2\sin^2\alpha}},$$

et l'arc, compté à partir du point de l'axe polaire qui correspond à $\alpha = 0$, ou $r = \sqrt{n+1} \pm \sqrt{n}$, sera exprimé par l'intégrale elliptique de module k et d'amplitude α,

$$\sqrt{n} \int_0^{\alpha} \frac{d\alpha}{\sqrt{1 - k^2 \sin^2 \alpha}}.$$

ce qu'il s'agissait de démontrer.

On voit aisément que, dans le cas de $n = 1$, la courbe dont nous parlons se confond avec la lemniscate de Bernoulli, et l'on a ainsi la démonstration du théorème I du paragraphe I.

L'aire du triangle générateur OMP est $\frac{\Delta}{4}$, et l'on trouve d'ailleurs aisément

$$\int \frac{1}{2} r^2 d\theta = \frac{\Delta}{4} + \text{constante}.$$

d'où l'on conclut que l'aire du secteur de courbe, comptée à partir de l'axe polaire, est toujours égale à l'aire du triangle générateur.

Je passe maintenant à l'examen de la seconde propriété de ces courbes remarquables. On a, dans le triangle OMP,

$$r^2 = 2n + 1 + 2\sqrt{n(n+1)} \cos(\alpha + \beta),$$

d'où

$$\cos(\alpha + \beta) = \frac{r^2 - (2n+1)}{2\sqrt{n(n+1)}} = \pm \frac{1}{2} \frac{d\theta}{ds},$$

$$\sin(\alpha + \beta) = \frac{\Delta}{2\sqrt{n(n+1)}} = \pm \frac{dr}{ds};$$

d'où l'on conclut que l'inclinaison de la normale sur le rayon vecteur est précisément égale à $\alpha + \beta$, ou à son supplément. Si

donc on fait au point M un angle PMN = MOP, en supposant d'abord le premier cas, MN sera la normale au point M de la courbe, lequel correspond à la position OMP du triangle générateur; d'ailleurs le point O se trouve nécessairement sur le segment capable de l'angle PMN que l'on décrirait sur MP, ce qui montre que MN est tangente au cercle circonscrit au triangle générateur, et si C est le centre du cercle circonscrit, le rayon MC sera précisément la tangente à la courbe. Il est d'ailleurs évident que, quand le triangle décrira la courbe d'un mouvement continu, cette propriété se conservera pour toutes les positions de ce triangle.

On pouvait supposer que l'inclinaison de la normale sur le rayon vecteur fût égale au supplément de $\alpha + \beta$; dans ce cas, on ferait tourner le triangle OMP autour de OM : on aurait ainsi un second triangle, qu'on pourrait substituer au premier pour engendrer la courbe, et la propriété précédente serait alors relative à ce nouveau triangle.

De ce qui précède résulte le mode de génération suivant pour les courbes elliptiques de la première classe :

Si le triangle OMP *varie de telle manière que le sommet* O *reste fixe, et que les côtés mobiles* OP *et* MP *soient constamment égaux, le premier à* $\sqrt{n}$, *le second à* $\sqrt{n+1}$, *et que, de plus, le déplacement infiniment petit* MM' *du point* M *ait lieu à chaque instant, suivant la droite qui joint ce point au centre du cercle circonscrit au triangle générateur, le point* M *engendrera la courbe elliptique qui correspond au nombre n.*

On a ainsi, en particulier, la démonstration des théorèmes II et III du paragraphe I, lesquels sont relatifs seulement à la lemniscate.

On obtient aisément l'expression du rayon de courbure. Soit ε l'angle que fait la normale avec l'axe polaire; on aura

$$\varepsilon = \theta - (\alpha + \beta),$$

car $(\alpha + \beta)$ est l'angle de la normale avec le rayon vecteur. On a, en différentiant, l'angle de contingence $d\varepsilon$, savoir :

$$d\varepsilon = d\theta - d\alpha - d\beta = \frac{3r^2 - (2n+1)}{\Delta} \frac{dr}{r},$$

et pour le rayon de courbure,

$$\frac{ds}{d\varepsilon} = R = \frac{2r\sqrt{n(n+1)}}{3r^2 - (2n+1)}.$$

MÉMOIRE

SUR

LES ARTS INSALUBRES

(CONCOURS DE 1841),

REMIS A L'ACADÉMIE DES SCIENCES LE 9 AOÛT 1841.

PAR M. H. DE RUOLZ.

OBJET DU MÉMOIRE.

Depuis longtemps, dans l'intérêt du commerce et de la salubrité, les savants et les industriels ont cherché avec ardeur les moyens de supprimer dans le dorage l'emploi du mercure, dont les effets déplorables sur la santé des ouvriers sont généralement connus. Ces effets consistent principalement dans la perturbation du système nerveux, la destruction quelquefois complète de l'intelligence et la diminution notable de la durée de la vie. Chaque pas fait dans une voie nouvelle nous semble donc un service rendu aux arts et à l'humanité.

PROCÉDÉS PROPOSÉS JUSQU'ICI.

Plusieurs procédés ont été tentés jusqu'ici; le plus ancien, que nous nous contenterons d'indiquer, est connu dans le commerce sous le nom de dorure au ponce ou au bouchon, c'est-à-dire par le frottement de l'or très-divisé, obtenu, soit par le sulfate de fer, soit par incinération de linges imbibés de chlorure

d'or : ce moyen ne donne qu'une dorure très-peu solide, et ne s'applique qu'à l'argent et aux surfaces polies.

Leur peu de solidité a fait proscrire également les dorures par les solutions éthérées de chlorure d'or, d'ailleurs trop dispendieuses lorsqu'on agit sur des masses.

PROCÉDÉ ANGLO-ALLEMAND EXPLOITÉ PAR M. EKLINGTON.

Les deux seuls procédés qui méritent intérêt sont :

1° Un procédé décrit dans le rapport annuel de M. Berzélius, pour 1839, comme *depuis longtemps* employé en Allemagne et en Angleterre. M. Eklington a obtenu pour ce procédé un brevet d'importation qui est exploité depuis quelques années, à Paris, par la maison Elambert. Il consiste à plonger le métal dans une solution bouillante d'aurate de potasse obtenue par des voies empiriques.

INCONVÉNIENTS DE CE PROCÉDÉ.

D'après les renseignements nombreux que nous avons pris dans le commerce, ce procédé donne des résultats avantageux comme apparence, mais offre trop peu de solidité. Il paraît que c'est par des procédés particuliers de dérochage que l'on parvient à donner, avec une très-faible couche d'or, l'aspect d'une belle dorure, et que l'on ne peut donner à cette couche une épaisseur suffisante ; du reste, ce procédé ne s'applique qu'à la petite bijouterie de cuivre doré : il ne donne aucun avantage, ni comme beauté, ni comme économie, sur les *objets fondus*, et ne peut s'appliquer aux grosses pièces. Il est donc sans résultat pour le commerce du *bronze doré*, qui occupe le plus grand nombre des ateliers de dorure; il ne s'applique pas non plus à l'argent, et, par conséquent, ne peut remplacer le mercure que dans une spécialité très-restreinte et qu'un caprice de la mode peut annuler.

PROCÉDÉ ÉLECTRO-CHIMIQUE DE M. DE LA RIVE.

2° En avril 1840 (*Annales de chimie et de physique*), dans un mémoire remarquable, M. de la Rive a annoncé être parvenu à dorer l'argent et le laiton, en se basant sur deux belles découvertes de M. Becquerel, savoir : 1° l'action chimique des faibles courants électriques, d'où résulte l'arrivée de l'or, molécule à molécule, sur tous les points de la surface à dorer; 2° l'emploi des sacs de baudruche et de vessie, pour séparer la dissolution, traversés successivement par le même courant, le courant pouvant ainsi passer sans que les dissolutions se mêlent.

INCONVÉNIENTS DE CE PROCÉDÉ.

Lorsque parut le beau travail de M. de la Rive, croyant le problème résolu, j'avais abandonné d'abord mes recherches, depuis longtemps entreprises, lorsque des informations prises dans le commerce m'apprirent que les industriels qui avaient fait l'essai de ce procédé y avaient renoncé, principalement à cause de l'impossibilité d'arriver à une couleur franche jaune d'or, et aussi par quelques motifs que je vais chercher à exposer brièvement.

1° Il est difficile d'obtenir à l'état complétement *neutre* la dissolution de chlorure d'or dans laquelle plonge l'objet à dorer; et, d'ailleurs, il est évident qu'à chaque molécule d'or qui se dépose sur la pièce, la partie de chlore qui tenait cet or en dissolution, devenue libre, attaque les points non encore dorés et les noircit. On me répondra que le chlore, que l'oxygène résultant de la décomposition de l'eau, est porté par le courant hors de l'enceinte à laquelle la vessie sert d'enveloppe; mais il n'en est ainsi, *au moins complétement,* qu'en théorie, car il est certain que les pièces se recouvrent d'une couche noirâtre qui nécessite (mémoire de M. de la Rive déjà cité) des lavages à l'eau acidulée et des *frictions assez fortes* avec un linge, à la suite de

chacune des immersions, plus ou moins nombreuses, nécessaires pour dorer la pièce. Il en résulte l'impossibilité de dorer les objets très-délicats ni ceux présentant des anfractuosités où un linge, où une brosse ne peuvent pénétrer, ni les objets *mats*, que les frottements brillantent, ni le bronze, mais seulement des surfaces qui peuvent se polir; de plus, la couleur (mémoire déjà cité) n'est pas celle qui est généralement recherchée : elle a toujours un œil noirâtre. L'emploi des sacs de baudruche ou de vessie exclut, d'ailleurs, les pièces de grande dimension.

ÉTAT RÉEL DE LA QUESTION.

Il est une base à établir, c'est que, pour atteindre le but philanthropique cherché, la suppression du mercure dans les ateliers, il faut réaliser les conditions suivantes:

1° Réussir sur tous les métaux employés;

2° Sur des pièces de toutes les formes et de toutes les dimensions;

3° Sur le mat comme sur le poli;

4° Obtenir les diverses teintes que le commerce emploie, car les chefs d'établissements ne pouvant, sans de grands embarras, avoir des ouvriers différents, des ateliers divers pour chaque classe d'objets, ne peuvent abandonner le mercure que quand ils pourront le faire entièrement; de plus, il faut, comme condition *sine qua non*, pour déterminer un changement d'habitudes aussi complet, arriver sur tous les genres d'objets à une économie notable, avec une *beauté* et une *solidité* égales.

Considéré ainsi sous son véritable point de vue, le but ne nous semble jusqu'ici avoir été atteint par aucun des procédés connus. Nous espérons que celui que nous allons avoir l'honneur d'exposer à l'Académie lui paraîtra remplir toutes ces conditions.

Après de longues recherches et l'emploi de divers procédés moins avantageux, que je ne décrirai pas ici, j'arrivai à me fixer à moi-même les conditions suivantes:

Agir sur tous les métaux, à froid, et en employant pour agent le courant produit par une puissante pile à courant constant.

En effet, réalisant ce programme, j'obtenais les avantages suivants :

1° N'opérant qu'à froid, j'obtenais une économie notable, l'impossibilité de gauchir ou déformer les objets délicats, une plus grande rapidité d'exécution, plus de facilité à trouver un enduit ou réserve propre à tracer des dessins, faire sur les pièces des mélanges d'or et d'argent, etc. etc. enfin, la possibilité de dorer des métaux très-fusibles.

2° Par l'emploi d'une forte pile, j'étais dispensé de l'usage des sacs ou cloisons de baudruche ou vessie, qui durent peu, sont délicates à établir, et plus ou moins sujettes à des infiltrations, soit à travers la membrane même, soit par les fissures du mastic qui la fixe. J'évitais l'emploi de ce mastic même et la construction de vases spéciaux d'une forme plus ou moins compliquée.

N'étant plus astreint à une forme de vases déterminée, je pouvais accroître facilement leurs dimensions, et, par suite, le nombre ou le volume des pièces à dorer.

Par l'emploi d'une pile à courant constant, je devais obtenir une grande *égalité* dans la dorure; enfin, possédant dans la pile un instrument dont je pouvais à mon gré augmenter ou réduire l'énergie, il m'était facile de dorer un seul objet ou un grand nombre à la fois, et de réussir également sur les plus petites comme sur les plus grandes surfaces.

Il y avait de grandes difficultés à vaincre : pour pouvoir plonger les deux pôles de la pile dans le même liquide, il fallait trouver une combinaison d'or dont l'*élément électro-négatif* fût sans action possible, au moins à froid, sur le métal à dorer. Il me fut démontré que cet élément était le cyanogène, et l'expérience me conduisit aux résultats suivants.

NOTRE PROCÉDÉ.

Je dissous 10 parties de cyanure de potassium dans 100 parties d'eau distillée; je filtre et j'introduis dans la liqueur une partie de cyanure d'or préparé avec soin, bien lavé, séché à l'abri de la lumière et porphyrisé avec soin dans un peu d'eau, où je l'ai laissé bien s'hydrater. Je renferme le tout dans un flacon à l'émeri, que je remue fréquemment et que je maintiens, à l'abri de la lumière, à une température de + 15° à + 25°.

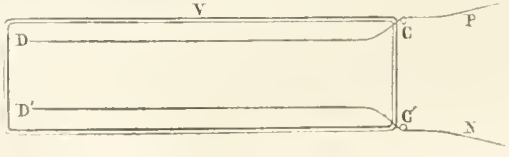
Au bout de trois jours environ, la dissolution est complète; je la filtre et l'emploie.

Les dissolutions peuvent se préparer au fur et à mesure des besoins prévus : nous en avons gardé trois mois sans altération sensible.

L'habitude seule peut déterminer l'énergie à donner au courant, selon l'étendue de la surface que présente l'objet ou la collection d'objets à dorer. Le mieux est d'avoir à sa disposition une forte pile, dont on supprime au besoin le nombre d'éléments convenable.

Le vase destiné à renfermer la liqueur où plongent les pièces à dorer peut être en verre ou en terre. L'objet à dorer est attaché à un fil de cuivre très-fin, allant au pôle négatif; le pôle positif est représenté par un fil de platine : il est avantageux que ce dernier ne soit pas placé trop près des objets à dorer et se prolonge sur toute leur longueur.

Voici la disposition de l'appareil :



V, vase contenant la dissolution d'or; P, fil de platine allant au

pôle positif de la pile, enroulé sur la cheville de verre C, et descendant au fond du vase, où il est étendu jusqu'en D, sur une longueur égale à celle de la ligne d'objets à dorer; N, fil de cuivre très-fin allant au pôle négatif enroulé sur la cheville de verre C', et descendant au fond du vase, où il est étendu jusqu'en D'. Sur ce fil repose la série des objets à dorer.

La durée de l'opération, qui ne dépasse guère la limite d'une à dix minutes, est subordonnée à la surface, aux anfractuosités de la pièce à dorer. Les objets polis se dorent plus vite que les objets mats. Il est facile à l'opérateur de suivre de l'œil les progrès du dorage et de retirer les pièces lorsqu'elles lui paraissent assez chargées. Elles doivent être avant la dorure bien dérochées par les procédés ordinaires; après la dorure, il suffit de les laver dans l'eau légèrement acidulée par l'acide sulfurique, de les sécher dans du son ou de la sciure de bois. Elles supportent ensuite facilement le polissage ou le brunissage. L'argent, le platine, le cuivre, le laiton, les objets fondus dits bronzes dans le commerce, le maillechort, l'acier, préalablement dérochés, sont également bien dorés par ce procédé.

DORURE DE L'ÉTAIN.

Pour l'étain, que l'on ne peut dorer par les moyens actuels, nous trouvons avantageux de le recouvrir d'abord d'une pellicule de cuivre à l'aide d'une solution de cyanure de cuivre dans le cyanure de potassium.

CUIVRAGE, ARGENTAGE.

Le cyanure d'argent dissous dans le cyanure de potassium offre pour l'argentage de tous les métaux que nous venons de citer des résultats également avantageux. Les proportions sont les mêmes que pour l'or. Cet argentage présente une solidité égale à celle du plaqué, sur des objets dont la forme compliquée ne permet pas le

placage, et il offre sur le fer des résultats très-avantageux, en ce sens que l'argentage n'est pas *repoussé par la rouille,* ainsi que cela a lieu pour le fer argenté par les procédés connus. Ces deux derniers points sont d'une haute importance pour l'art de la sellerie.

Jusqu'ici nous avons employé une pile à courant constant de 50 éléments d'une construction particulière, les éléments ayant environ 5 pouces de hauteur sur 4 de largeur.

Les frottements énergiques auxquels résistent cette dorure et cette argenture ne laissent aucun doute sur leur solidité. Nous pouvons, du reste, augmenter à volonté l'épaisseur de la couche d'or ou d'argent. Quant à l'économie, nous pouvons déjà offrir au commerce une forte réduction sur les prix les plus inférieurs de la dorure au mercure, et nul doute que l'on ne puisse diminuer ces prix en raison de l'importance des travaux; puisque les frais généraux et de main-d'œuvre deviendront de plus en plus faibles, relativement à la dépense totale, un seul homme pouvant en quelques minutes dorer et argenter à la fois un grand nombre de pièces.

COULEURS.

Nous pouvons aisément produire en employant l'or seul ou en déposant préalablement une pellicule, soit de cuivre, soit d'argent, les nuances jaune, vert ou rouge que le commerce désire. Il nous est facile aussi de les entremêler sur la même pièce, qui peut offrir des parties bronzées, argentées et dorées de diverses teintes.

POINT CARACTÉRISTIQUE DE NOTRE PROCÉDÉ.

Qu'il me soit permis d'établir les points qui me paraissent caractériser ici l'invention :

1° L'emploi de la pile. Le seul savant qui se soit occupé de l'application de l'électricité à la dorure, M. A. de la Rive, s'exprime

ainsi lui-même dans son mémoire (*Annales de chimie et de physique*, t. LXXIII, p. 399) :

« J'essayai, il y a environ quinze ans, de faire passer le courant d'une forte pile à travers une solution d'or, en mettant au pôle positif un fil de platine, et au pôle négatif l'objet à dorer; *mes essais ne furent pas heureux;* je ne pus, par ce moyen, dorer que du platine, etc. etc. Quant au laiton et à l'argent, *je ne réussis point à les dorer.* L'action chimique qu'exerçait sur ces métaux la dissolution d'or, toujours très-acide, les dissolvait eux-mêmes, et empêchait l'or d'adhérer à leur surface. »

2° L'emploi pour la première fois des solutions de cyanures d'or et d'argent qui, n'attaquant pas le métal à dorer, détruisent l'obstacle qui avait arrêté l'illustre savant que nous venons de citer, et empêché jusqu'ici l'application de la pile.

Dans le cours de toutes nos opérations, il se forme au pôle positif divers produits dont l'étude nous a paru mériter un examen particulier et fera l'objet d'un travail que nous comptons avoir l'honneur de soumettre à l'Académie.

Nous terminerons en émettant le vœu que ces essais qui nous ont coûté de longs travaux et des frais considérables puissent être utiles à la science : 1° en portant l'attention sur une classe de produits, les cyanures, peu étudiée jusqu'ici, vu leur peu d'application; 2° en popularisant l'usage de cet admirable instrument, la pile, que nous appliquons pour la première fois à l'industrie, et dont la construction, jusqu'ici arriérée, fera dès lors des progrès rapides. Qui peut prévoir quelles découvertes le hasard même pourrait faire naître de la pile répandue ainsi dans un grand nombre de mains, de la pile devenue un outil ?

RÉSUMÉ.

Ce procédé repose sur la décomposition (à l'aide d'une forte pile à courant constant) des cyanures d'or et d'argent, dissous dans une proportion donnée de cyanure de potassium. Le seul

savant qui se soit occupé d'appliquer l'électricité à la dorure, M. de la Rive déclare lui-même, dans son mémoire, n'avoir pu réussir avec la pile et y avoir renoncé.

Quant aux cyanures d'or et d'argent, ils n'ont été jusqu'ici employés par personne, et rendent praticable l'usage jusque-là impossible de la pile.

Considérant enfin que la suppression du mercure ne peut être que complète et ne peut avoir lieu partiellement,

Le but ne peut être atteint qu'en remplissant les conditions suivantes:

1° Dorer *tous* les métaux qu'il est d'usage de dorer;

2° Les objets du plus *grand* volume, jusqu'aux objets les plus délicats;

3° Donner à volonté les teintes diverses que le commerce emploie;

4° Faire à volonté le mat et le poli;

5° Pouvoir faire sur la même pièce des mélanges de mat ou de poli de diverses couleurs, et, au besoin, de bronze, d'argent et d'or;

6° Une exécution assez prompte;

7° Pouvoir augmenter à volonté l'épaisseur de la couche d'or et faire ou des dorures très-légères et du plus bas prix, ou des dorures fortes et d'un prix élevé; en un mot, pouvoir *déposer à la surface d'un objet un poids d'or donné;*

8° Enfin, offrir dans toutes ces circonstances une économie considérable sur les prix les plus inférieurs de la dorure au mercure.

Notre procédé est le *seul* qui remplisse *toutes* ces conditions, et il s'applique de plus avec le plus grand succès à l'argentage. Nous ne nous faisons aucune illusion sur de puissantes rivalités; mais nous ne disons que la vérité et nous ne demandons que la justice.

RECHERCHES ANATOMIQUES

ET PHYSIOLOGIQUES

SUR LES DIPTÈRES,

ACCOMPAGNÉES

DE CONSIDÉRATIONS RELATIVES A L'HISTOIRE NATURELLE DE CES INSECTES

PAR M. LÉON DUFOUR,

DOCTEUR MÉDECIN,

CORRESPONDANT DE L'INSTITUT (ACADÉMIE DES SCIENCES).

« In his tam parvis atque tam nullis quæ ratio! quanta
« vis! quam inextricabilis perfectio! » (PLINE.)

INTRODUCTION.

Dans ce siècle d'argent et d'esprit, qui est loin d'être l'âge d'or, qui daignera laisser tomber un regard, même de simple curiosité, sur le cerveau d'une mouche, les organes génitaux d'un cousin, les entrailles d'un ver de la viande? A ces mots, l'homme du monde hausse les épaules et sourit de pitié; mais les hommes de science écoutent, se recueillent et comprennent que dans cette échelle zoologique, où tous les organismes s'enchaînent, s'anastomosent, la mouche, le cousin, le ver, ont un rang assigné, et que celui qui consacre ses veilles à mettre en évidence les affinités et les dissemblances organiques qu'ont ces petits êtres

entre eux et avec les autres animaux, avec l'homme lui-même, a quelques droits à une attention sérieuse.

C'est une nouvelle histoire des insectes que celle qui embrasse les études simultanées et parallèles des formes extérieures et de l'organisation intérieure. Déduire rationnellement les habitudes et le genre de vie de la structure et de la combinaison des organes renfermés dans les cavités du corps, et préjuger de l'existence de ces organes par les actes de l'animal, c'est là, incontestablement, une science de haute philosophie. Depuis vingt-cinq ans, j'envisage l'étude de l'entomologie dans cet esprit, après m'être adonné pendant longtemps à la connaissance des genres et des espèces. J'ai successivement publié l'anatomie des Coléoptères, des Labidoures, des Hémiptères, des Orthoptères, des Hyménoptères et Névroptères; je viens présenter aujourd'hui, au jugement de l'Académie des sciences, celle des Diptères. Il ne me restera plus à disséquer que les Lépidoptères pour avoir soumis aux recherches de mon scalpel les huit ordres qui composent l'entomologie proprement dite, c'est-à-dire les insectes hexapodes. Dans cinq ou six ans j'aurai, je l'espère, rempli cette tâche.

O sagesse infinie! en jetant avec profusion sur notre planète ce peuple immense des Diptères, qui pour le vulgaire se réduisent aux mouches; en assignant à chaque famille, à chaque groupe, sa nourriture, son genre de vie et son mode de propagation; en les dotant d'une organisation conséquente à ce triple but, tu n'as pas dédaigné de les faire concourir aux sublimes harmonies qui régissent l'univers. Laissons donc tant d'hommes qui ne sont pas appelés à te comprendre s'épuiser en plaintes inutiles, décrier des œuvres qu'ils ne veulent ou ne peuvent pas connaître: laissons-les avec leur éternel *cui bono,* dont l'immortel Linné a si bien fait justice, et poursuivons avec gravité l'étude de tes plus minimes productions, parce que c'est précisément là que ton genie nous révèle tes plus sublimes conceptions.

Considérés sous le point de vue du nombre des espèces et des

individus, les Diptères sont, de toute la zoologie, l'ordre d'animaux le plus répandu sur le globe. Leurs larves pullulent dans toutes les matières animales ou végétales en décomposition, ainsi que dans les corps organisés vivants eux-mêmes, et il n'est pas de conditions de sol et de température qui ne soient peuplées de leurs cohortes ailées. La Providence leur a confié, n'en doutons point, une grande, une importante mission, et lorsque Linné disait qu'un lion ne dévorait pas plus vite un cadavre que ne le feraient trois mouches de l'espèce de celles qui mettent au monde des milliers de vers vivants, son assertion n'était pas aussi hyperbolique qu'on pourrait le croire.

Voyez comme la puissance créatrice a tout calculé, tout prévu, dans un but général de conservation et d'harmonie! comme elle sait rapprocher d'un mal inévitable un remède nécessaire! Ce vaste marais qui répand au loin ses miasmes délétères a pour correctif la production incessante de l'oxygène par les saules, les roseaux de sa rive, par les typha, les scirpus, les nymphæa de ses eaux; mais par le fait même de l'envahissement de l'élément liquide par ces végétaux, il en résulte une plus grande stagnation de l'eau, une macération de leurs dépouilles, une décomposition organique, un foyer de nouveaux dégagements méphitiques et aussi un berceau de nouveaux êtres organisés : le correctif est encore là. Ces myriades de mouches, à habitudes sédentaires, s'occupent à rendre à la vie ces atomes décomposés, à les passer à l'alambic de leurs organes digestifs, à les transformer en éléments nutritifs, à diminuer ainsi la somme de matière putréfiable. Admirons donc, si nous ne savons pas le comprendre, ce cercle éternel de circonstances où la vie et la mort, toujours aux prises, amènent en définitive la conservation de l'existence et le maintien des harmonies.

Les exigences scientifiques de l'époque m'ont fait attacher la même importance à l'autopsie d'un moucheron qu'à celle d'un quadrupède : la taille ne fait rien au sujet. Dans l'anatomie de chaque famille des Diptères, je ne me suis pas borné à une sèche

exposition matérielle des organes; j'ai cherché à rattacher le nombre, la structure et la combinaison de ceux-ci à la classification établie ou à établir; j'ai fait aussi marcher de front les considérations physiologiques toutes les fois que la connaissance des formes ou des actes extérieurs se prêtait à leur application. Cette conformité des viscères avec le genre de vie est surtout l'objet de mes investigations. Il est beau de rencontrer dans ces mouches un plan d'organisation qui les rattache si admirablement aux animaux considérés comme les plus parfaits que, pour la description de leurs appareils de la vie, on peut leur adapter la nomenclature anatomique consacrée depuis des siècles. Ceux-là seuls dont le scalpel s'est voué avec une patience imperturbable à cette *microtomie* qui m'est devenue familière, se feront une juste idée des vives jouissances que procurent et la découverte des faits de concordance dont je viens de parler, et cette marche successive de la nature dans ses créations.

Dans l'exposition de mes recherches anatomiques j'ai suivi, quant à la série des genres, l'ouvrage de M. Macquart, intitulé: *Histoire naturelle des insectes diptères*[1]. C'est le tableau le plus complet de la classification des insectes de cet ordre. Je n'ai pas cru devoir adopter toutes les réductions que cet auteur, trop inspiré peut-être par les derniers ouvrages de Latreille, a fait subir aux familles primitivement établies par celui-ci ou par le célèbre diptérologiste Meigen[2]. Sans commettre la moindre infraction à la série si naturelle des groupes nombreux fondés par M. Macquart, je me suis permis de restituer à quelques-uns d'entre eux les noms de familles consacrés déjà dans l'immortel *Genera* de Latreille et adoptés par plusieurs entomologistes.

Je n'ai pas manqué non plus de consulter le travail de M. Robineau-Desvoidy sur les Myodaires[3]. Ce livre, effrayant au premier abord par l'excessive multiplication des genres et les signa-

[1] Deux vol. in-8°, librairie de Roret, 1835.
[2] *Dipt. europ.* sept vol. avec pl. 1818-1838.
[3] *Essai sur les Myodaires*, Mémoires de l'Institut. 1830.

lements trop restreints des espèces, se recommande par des aperçus d'un piquant intérêt sur les mœurs, les habitudes de ces Diptères et sur le rôle qu'ils jouent dans la nature. Il est fâcheux qu'on ait à lui reprocher l'absence de presque toute synonymie: c'est là, suivant moi, un délit scientifique.

Mes recherches reposent sur des milliers de vivisections, pratiquées sur *cent quatre-vingt-quinze* espèces choisies dans les principaux groupes de l'ordre, en sorte qu'il a été permis de s'élever avec quelque certitude à des généralisations. Il importait à ma responsabilité d'auteur, il importait à la science, que ces espèces fussent rigoureusement dénommées, soit pour alléger mon texte des longueurs de descriptions spécifiques, soit dans l'intérêt du contrôle de mes observations. J'ai recouru pour cela à la source la plus sûre, la plus authentique, et M. Macquart a daigné lui-même ou confirmer ou établir la nomenclature de tous les Diptères qui ont passé sous mon scalpel.

Pour abréger mon texte, sans le rendre moins substantiel, j'ai dû traiter dans des chapitres spéciaux les appareils organiques qui ne se modifient pas assez suivant les familles pour se prêter à des descriptions détaillées, comme les appareils sensitif et respiratoire, et le tissu adipeux splanchnique. Dans ce même but d'éviter d'oiseuses répétitions et de fixer la valeur de quelques dénominations anatomiques, j'esquisserai à grands traits les organes de la digestion et de la génération. Il résultera de là que l'ensemble de mes recherches se partagera en deux grandes divisions : *Anatomie générale* et *anatomie particulière des familles.*

Mon scalpel, en pénétrant dans ce monde nouveau d'organismes, n'a pas la prétention d'avoir reconnu les formes et les structures, même les plus générales. A peine ai-je défriché la superficie du champ. Il y a encore immensément à faire.

PREMIÈRE DIVISION.

ANATOMIE GÉNÉRALE.

CHAPITRE PREMIER.

APPAREIL SENSITIF.

Dans l'exposition du système nerveux des Diptères, je vais prouver combien jusqu'à ce jour on avait des connaissances vagues, des idées fausses sur sa composition et sa structure, et dans combien d'hérésies physiologiques on s'est jeté pour avoir voulu établir des règles générales sur des faits trop peu nombreux et mal compris. Ainsi, les uns ont avancé que les Diptères avaient neuf ganglions, les autres un seul, et tous, entraînés par une application hasardée de la loi de l'analogie, ont dit que ces ganglions étaient séparés par un double cordon. Il y a dans ces assertions grande inexactitude et erreur flagrante. Oui, il est des Diptères où l'on trouve neuf ganglions, sans y comprendre le cerveau, et d'autres où il n'y en a qu'un; mais ce ne sont pas là toutes les combinaisons, et je vais en faire connaître où ce nombre est de sept, de six, de cinq, de trois, de deux, d'un seul; enfin, il y a des larves où on en compte onze et même douze. Ces centres nerveux sont, dans tous les Diptères, unis et séparés par un cordon inter-ganglionnaire *très-simple* et non double. C'est même là le trait distinctif de cette chaîne de ganglions avec celle des autres ordres d'insectes.

Venons aux faits; voyons si le nombre des ganglions est en harmonie avec la classification établie, et quelle peut être son importance pour celle-ci.

M. Macquart a partagé tout l'ordre des Diptères, d'après la considération des antennes, en deux divisions : l'une, les Némocères; l'autre, les Brachocères. Mais, indépendamment de ce que les antennes de plusieurs Brachocères ont, dans le fait, plus de trois

articles, l'anatomie, et surtout la composition du système nerveux, rendent inadmissible une division aussi absolue, aussi générale.

Dans les deux familles des Culicides et des Tipulaires, le système nerveux a un degré, sinon de développement, du moins de composition, qui semble témoigner de la prééminence organique accordée à ces Diptères. Il se compose du cerveau avec un bulbe rachidien, de neuf ganglions et des diverses paires de nerfs qui partent de ces centres nerveux. Je vais plus particulièrement décrire et figurer cet appareil dans la *Tipula oleracea*, tout en prévenant que j'en ai constaté l'identité dans plusieurs grandes et petites espèces, en sorte que ce type d'organisation pourra être considéré comme un attribut de ces deux populeuses familles.

Le *cerveau* ou l'organe des fonctions sensoriales est étroitement enveloppé par la boîte crânienne et formé de deux hémisphères égaux séparés par une profonde scissure médiane, mais réunis, confondus inférieurement par une continuité de substance. Ne sont-ce pas là des traits que le Diptère partage avec les animaux de l'ordre le plus élevé? Déchirez l'enveloppe tégumentaire pour en dégager l'encéphale; les lobes de celui-ci, obéissant à une certaine élasticité ou expansibilité jusque-là maîtrisée, s'écartent l'un de l'autre et prennent la forme de deux sphéroïdes unis par leur partie inférieure. C'est ainsi que les représente la figure que j'en donne. Ces lobes ou hémisphères n'offrent extérieurement aucune trace de ces plis sinueux, de ces circonvolutions qui caractérisent ceux des quadrupèdes. Ils sont lisses et blancs, mais leur substance est sensiblement plus pulpeuse que celle des ganglions. Dans leur position normale, un grand segment de sphère de leur surface supérieure et antérieure est caché par les rétines oculaires. Les nerfs optiques, dont celles-ci ne sont que l'épanouissement, ont une excessive brièveté et ne sauraient être mis isolément en évidence. Les hémisphères cérébraux se terminent en arrière par deux prolongements fort courts, dans l'intervalle desquels passe l'œsophage: c'est ce qu'on appelle le *collier œsophagien*. La rétine

oculaire, qui est enchatonnée sous la *cornée*, a un pigment violacé dont la réticulation est parfaitement conforme aux aréoles de cette dernière. Je parlerai ailleurs de la *choroïde* et des *cristallins*.

Mais, indépendamment de cette rétine, notre tipule m'a offert un fait curieux : il existe au bord postérieur de chaque rétine oculaire un petit nerf optique *ocellaire* terminé par une rétine subglobuleuse à pigment violacé. Ce qui rend ce fait anatomique piquant, c'est que dans la *Tipula oleracea*, ainsi que dans toutes les espèces du genre *Tipula* tel qu'il a été circonscrit par Meigen et M. Macquart, il y a absence complète d'yeux lisses, et ce trait négatif est exprimé dans le signalement générique exposé par ces entomologistes. Depuis la découverte de ces nerfs ocellaires, j'ai dirigé les explorations les plus scrupuleuses vers la région de la tête des *Tipula*, qui, dans d'autres tipulaires, est le siége habituel des ocelles; je les ai renouvelées et sur les individus des deux sexes dans l'état de vie, et sur ces mêmes individus peu ou longtemps après leur mort, et la loupe la plus forte ne m'a décelé aucun ocelle. Toutefois, j'observe derrière l'insertion de chaque antenne de notre tipule une fort petite saillie subhémisphérique, simplement tégumentaire. Cette protubérance crânienne est-elle le réceptacle, l'opercule de la rétine ocellaire? La position respective de ces deux protubérances avec les yeux de la tipule est bien différente de celle où, dans mes dissections, j'ai trouvé et représenté les nerfs ocellaires. Mais, comme l'isolement du cerveau ne peut s'opérer que par un grand dérangement de ses parties, il est possible, il est même vraisemblable que les rapports de l'optique ocellaire avec la rétine oculaire ont été violés. J'ajouterai à l'appui de l'idée qui tendrait à considérer ces éminences tégumentaires comme les opercules des rétines ocellaires, qu'il y a conformité de volume et de configuration entre les unes et les autres. Observez encore une anomalie dans l'existence de ces optiques ocellaires, c'est qu'il n'y en a que deux, tandis que dans les Tipulaires pourvues d'ocelles, ceux-ci sont presque toujours au nombre de trois. Ainsi, il faut envisager les optiques ocellaires et les pro-

tubérances crâniennes dont il est question comme des organes imparfaits dépourvus de fonctions. Ce sont des organes vestigiaires, des jalons anatomiques qui témoignent hautement de la gradation qui préside au plan général des créations.

Revenons au cerveau de notre tipule. Du bord antérieur de chacun des hémisphères partent deux nerfs bien distincts : l'un, *antennaire;* l'autre, *buccal.* C'est en arrière et en dessous que ces hémisphères confluent ensemble, et à l'endroit de cette confluence existe un troisième lobe ganglioniforme que j'ai cru pouvoir désigner par le nom de *bulbe rachidien*, n'osant pas l'appeler *cervelet*, quoiqu'il ait une texture identique avec le cerveau. On ne saurait le prendre pour un ganglion, à cause de la continuité directe et large de sa substance avec ce dernier.

La chaîne ganglionnaire se compose de ganglions *thoraciques* et de ganglions *abdominaux*. Ces ganglions, sauf les cas où il y a contiguïté de quelques-uns d'entre eux, sont séparés les uns des autres par un cordon nerveux très-simple qui n'en est qu'une atténuation. La simplicité de ce cordon est, je le répète, un caractère différentiel de l'ordre des Diptères avec les autres ordres d'insectes. Il n'est pas rare de découvrir, le long de la ligne médiane du cordon, une trachéole simple, fine comme un brin de soie, qui peut en imposer et qui m'en imposa d'abord, pour la trace d'une division en deux filets contigus. Son aspect resplendissant dissipe l'illusion. L'existence de cette trachéole est encore, à mes yeux, un vestige, un léger mais précieux souvenir anatomique, que la nature a laissé sur son passage, des créations échelonnées.

Les ganglions *thoraciques* sont au nombre de trois, mais soudés, presque confondus en une masse oblongue à trois légers festons latéraux, profondément enchâssée entre les saillies ou apophyses coriacées qui correspondent aux insertions des pattes, de manière qu'il est fort difficile de l'isoler dans son intégrité. Ils occupent le centre du thorax. Chacun d'eux émet une paire principale de nerfs *cruraux*.

Il y a six ganglions *abdominaux* arrondis, sublenticulaires, égaux entre eux, à l'exception du dernier, qui ici, comme dans tous les insectes en général, a une grandeur presque double des autres. Ces ganglions fournissent chacun une paire de nerfs. Outre celle-ci, le dernier se termine par deux grands nerfs *génitaux*.

Dans les larves du *Xyphura* et du *Pachyrhina*, et sans doute des autres grandes Tipulaires, le nombre des ganglions est supérieur à celui de l'insecte ailé, puisqu'il est de onze, le cerveau non compris. Quelle induction tirer de cette prédominance numérique des centres nerveux dans ce premier âge de l'insecte que l'on s'accorde à considérer, et avec raison, comme un état imparfait? Je ne puis le dire; mais il y a encore beaucoup à étudier. La corrélation que l'on a cru exister entre le nombre des ganglions et celui des segments du corps ne saurait être prise en sérieuse considération. J'ai prouvé dans mes recherches anatomiques sur les Hémiptères, les Orthoptères, etc. et je prouverai dans le chapitre actuel qu'elle est fort loin d'être une règle, puisque, pour le dire en passant, un fort grand nombre de larves de Diptères qui ont douze segments au corps n'ont qu'un ganglion unique. Quoi qu'il en soit, le cerveau de nos larves de Tipulaires n'est point renfermé dans la tête et est dépourvu de rétines, puisque ces larves n'ont pas d'yeux. Il consiste en deux sphéroïdes contigus, confluents par leur partie inférieure et séparés de la chaîne ganglionnaire par le collier œsophagien. Après celui-ci, il existe une série de cinq ganglions contigus, arrondis, logés dans cette région de la larve qui correspond au futur thorax, et il est bon de se rappeler que le corselet de l'insecte ailé n'a que trois ganglions. Les abdominaux sont au nombre de six, émettant des paires de nerfs, que la figure indiquera suffisamment.

Malgré son extérieur musciforme, le *Bibio*, placé aux confins des Diptères némocères avec les Brachocères, se rattache, par son système nerveux, à la famille des Tipulaires, où on l'a colloqué à bon droit; mais il va nous offrir une de ces transitions organiques si intéressantes à mettre en relief. Cet insecte a six

ganglions abdominaux distincts; mais au lieu des trois ganglions thoraciques soudés, propres aux Tipulaires légitimes, il n'en existe que deux séparés l'un de l'autre, quoique rapprochés. Le plus postérieur est grand et arrondi. Ce même nombre existe aussi dans le *Sciara*, et quoique je ne l'aie pas constaté dans le *Rhyphus*, l'analogie viscérale et le poste occupé par cette Tipulaire florale dans le cadre entomologique me portent à croire qu'il offrira une semblable disposition. Cette différence numérique des ganglions thoraciques dans les dernières Tipulaires nous conduit, comme par la main, au groupe qui les suit dans la série.

La famille des Tabaniens, qui suit les Tipulaires, a sa chaîne ganglionnaire de sept ganglions seulement; par conséquent, elle en a deux de moins que ces dernières : je n'en conclus pas cependant que les Tabaniens, insectes robustes et sanguinaires, aient une organisation inférieure à celle des Tipulaires. Leur système nerveux a un développement, une masse cérébro-rachidienne et une concentration de la pulpe nerveuse qui pourraient bien balancer avec quelque avantage la multiplicité des centres nerveux. C'est là une question physiologique que je n'entreprendrai pas de résoudre en ce moment. Je prendrai pour type de ma description le *Tab. bovinus*, et je ne reviendrai pas sur les divisions et les détails de structure que j'ai exposés dans les Tipulaires.

Son *cerveau*, à cause du grand développement des yeux, est, dans sa situation naturelle, presque entièrement recouvert par les rétines oculaires, et il faut le renverser, ainsi que le représente l'une de mes figures, pour mettre ses hémisphères en évidence.

Comme j'ai eu occasion d'étudier dans cet insecte les parties constitutives de l'œil, j'en dirai deux mots sans prétendre traiter à fond cette question. La *choroïde* ou l'*uvée* de Swammerdam est un tissu membraniforme violacé, intermédiaire à la cornée et à la rétine. C'est un organe comme parenchymateux, sur lequel Muller nous a donné des notions bien plus positives que ses de-

vanciers; sa configuration est parfaitement celle de la cornée, dont elle tapisse toute la surface interne. Cet organe se détache si facilement, par la macération, des surfaces avec lesquelles il est en contact, qu'on croirait, au premier coup d'œil, que ses connexions se bornent à une simple contiguïté; mais une étude attentive prouve que les divisions fragiles et insaisissables du nerf optique, ainsi que les trachéoles nutritives les plus fines, le pénètrent de toutes parts. Sa surface *sous-cornéenne* paraît alors velue, veloutée, à cause de la saillie des cristallins, qui ne m'ont pas paru des cônes, comme les appelle Muller, mais des cylindres hexagonaux étroitement pressés entre eux et en nombre égal à celui des cellules de la cornée; sa surface *rétinéenne* est élégamment brodée par des trachées rayonnantes d'où partent, sans doute, les trachéoles nutritives qui se distribuent aux cristallins et au pigment violet. Mes figures me dispensent de m'étendre sur ce point.

Après le *collier œsophagien* vient le *bulbe rachidien*, suivi d'un cordon simple assez long, qui fournit trois paires de petits nerfs. Il n'existe qu'un seul ganglion *thoracique*, mais grand, ovale-elliptique, émettant sept paires de nerfs et représentant les trois ganglions soudés des Tipulaires. Le chapelet *abdominal* n'est que de cinq ganglions, mais le dernier est évidemment formé par la fusion de deux, ainsi que le prouve le nombre de nerfs qu'il fournit. Ce chapelet présente cette disposition singulière, qu'au lieu d'être tout renfermé dans la cavité abdominale, il se trouve en grande partie dans le thorax et à cheval sur le détroit thoraco-abdominal, de manière que le dernier ganglion ne dépasse pas le second segment ventral. Ces ganglions ovales arrondis sont d'autant plus rapprochés entre eux qu'ils sont plus postérieurs; l'avant-dernier et le dernier sont même contigus. Chaque ganglion abdominal fournit par ses angles postérieurs une paire de nerfs dirigée en arrière. Cette direction est la conséquence de la situation des ganglions abdominaux dans le thorax. Elle prouve la légitimité de leur dénomination, en même temps qu'elle dépose contre l'idée que cette position à cheval entre les deux cavités

pourrait être accidentelle : je l'ai, d'ailleurs, confirmée dans plusieurs espèces de *Tabanus*. Le dernier ganglion se termine par un cordon médian assez long d'où naissent symétriquement six paires de nerfs.

Dans le *Pangonia*, qui diffère surtout du *Tabanus* par la longueur de son suçoir, la chaîne abdominale est de six ganglions distincts et séparés, tous renfermés dans la cavité et à égale distance les uns des autres, à l'exception du dernier. Dans la femelle de ce *Pangonia*, les trois derniers ganglions sont moins distants entre eux que dans le mâle. J'aurai occasion bientôt de signaler des différences plus remarquables du système nerveux suivant les sexes[1].

La famille des Stratyomides, dont j'ai étudié le système nerveux, surtout dans l'*Ephippium*, a le même nombre, la même disposition des ganglions rachidiens que le *Pangonia* de la famille précédente, c'est-à-dire un thoracique et six abdominaux distincts. Dans les *Odontomyia* et le *Vappo*, je n'ai constaté que cinq de ces derniers, le terminal ovalaire plus grand ; dans le *Chrysomyia*, six, dont les trois derniers contigus.

On retrouve dans la famille des Asiliques (*Laphria fulva*, *Dasypogon punctatus*) la même composition numérique de la chaîne ganglionnaire que dans les Tipulaires, savoir : neuf ganglions, dont trois thoraciques contigus, mais non soudés, et six abdominaux bien séparés.

Nous avons vu que les larves des Tipules avaient deux ganglions de plus que les insectes ailés. La larve d'un Asilique (*Laphria atra*), dont je réserve pour un mémoire particulier l'histoire des métamorphoses et de l'anatomie, en a trois de plus. Indépendamment du cerveau, il y a cinq ganglions thoraciques non contigus et sept abdominaux.

Je n'ai trouvé dans le *Cyrtus* que quatre ganglions abdominaux : les deux derniers plus rapprochés.

[1] J'ai reconnu à l'origine supérieure du ventricule chylifique du *Tab. bovinus* un ganglion lenticulaire qui se rattache au système nerveux *stomato-gastrique* de Brandt ; mais je n'ai pas des observations assez précises pour en exposer la description.

Le système nerveux des Bombyliers a la plus parfaite analogie avec celui des Asiliques : trois ganglions thoraciques et six abdominaux. Celui des Anthraciens, qui les suivent immédiatement, est semblable à celui des Stratyomides : un ganglion thoracique fort grand et six abdominaux.

Que penser de cette famille des Brachystomes, fondée par M. Macquart, avec des types si mal assortis, si antipathiques, tant pour les formes extérieures que pour le genre de vie et l'organisation viscérale? Peut-on ne pas reconnaître d'invincibles répugnances entre le *Thereva*, le *Dolichopus*, le *Syrphus*, enfermés dans la même enceinte? L'étude comparative du système nerveux s'oppose formellement à cette alliance.

Dans les Thérévides et les Leptides, la série des ganglions est conforme à celle des Stratyomides; mais, dans les premiers, les deux derniers abdominaux sont soudés, tandis qu'ils sont séparés dans les Leptides.

La belle famille des Syrphides ne ressemble pas du tout pour la composition de son système nerveux aux deux précédentes. J'ai surtout étudié ce système dans le *Volucella*, et je l'ai confirmé dans les *Eristalis, Syrphus, Rhingia, Cheilosia, etc.* Il consiste en trois ganglions rachidiens, un thoracique et deux abdominaux. Le *thoracique* occupe le tiers antérieur du thorax : il est grand, ovalaire, et émet six paires principales de nerfs et plusieurs petites. Les *abdominaux* ont leur premier petit, placé sur le troisième segment ventral et ne fournissant qu'une seule paire de nerfs; il est séparé du thoracique par un fort long cordon qui ne m'a paru donner naissance à aucun nerf. Le dernier, presque aussi grand que le thoracique, est situé au tiers postérieur de l'abdomen : il en naît quatre paires de nerfs.

Le genre *Scenopinus* semble avoir été mis au monde pour le tourment et le désespoir des classificateurs : c'est une pomme de discorde lancée dans l'arène entomologique. Il est certainement plus facile de dire là où cet insecte se trouve déplacé que de lui assigner son véritable rang dans le cadre. Il faut encore le con-

sidérer comme un Diptère à parti prendre, comme une famille errante et nomade. Qu'il me suffise en ce moment d'annoncer que son système nerveux ne ressemble ni à celui des Syrphides, qui le précèdent, ni à celui des Conopsaires et des Muscides, qui le suivent : il aurait plutôt des rapports avec les *Thereva*. Il a cinq ganglions abdominaux distincts (au lieu de six); le dernier, plus grand, à peine un peu plus rapproché de celui qui le précède.

La famille des Conopsaires, à laquelle, à l'exemple de Latreille, je réunis les *Myopa*, a un appareil sensitif qui justifie pleinement cette union. Indépendamment du nombre fort restreint de ses ganglions rachidiens, cet appareil va nous offrir un fait bien singulier : c'est que sa disposition et sa distribution sont fort différentes suivant les sexes. Je décrirai celui du *Conops rufipes;* mais j'ai constaté sa conformité dans le *Myopa ferruginea*.

Les conopsaires n'ont que deux ganglions. Le *thoracique* est, dans les deux sexes, grand, ovalaire, enchatonné au milieu du thorax, et fournit trois paires principales de nerfs. Dans le mâle, le cordon interganglionnaire, thoraco-abdominal, est simple d'un bout à l'autre, et bien plus court que dans la femelle; celle-ci a ce même cordon pareillement simple dans son trajet du thorax, où il émet deux paires de nerfs; mais, à son entrée dans l'abdomen, il se divise aussitôt en deux longs filets, qui demeurent distincts et séparés jusqu'à leur insertion au ganglion abdominal. Chacun de ces filets fournit vers son tiers postérieur un nerf récurrent assez grand. Dans ce sexe, il part aussi de la partie postérieure du ganglion thoracique, à droite et à gauche du cordon interganglionnaire, un long filet nerveux, non rameux, qui va s'insérer au ganglion de l'abdomen, et qui n'a pas son analogue dans le mâle.

Le ganglion *abdominal* est arrondi, plus petit que le thoracique : dans le mâle, il est situé avant le milieu de l'abdomen; dans la femelle, tout à fait au bout de celui-ci, à la hauteur de l'origine de l'oviducte. Un coup d'œil comparatif jeté sur les figures de ces deux systèmes nerveux me dispensera de plus de

détails. J'avoue que je n'ai point des idées arrêtées sur les causes ou les motifs de ces dissemblances de l'appareil nerveux dans les sexes.

Dans la famille des Œstrides et dans celle des Muscides calyptérées, que j'ai composée provisoirement avec cette immense nation des Muscides *créophiles* et *anthomizydes* de M. Macquart, les centres nerveux se réduisent au cerveau et à un seul ganglion rachidien. Ce dernier est, dans l'*Œstrus*, plus oblong que dans les véritables Muscides, et il offre en arrière comme le vestige d'un autre ganglion soudé, terminé par un cordon simple assez long.

Après la description et l'iconographie que j'ai données du système nerveux des trois morphoses (larve, nymphe et insecte ailé) de la sarcophage, dans un travail dont l'Académie a daigné voter l'admission dans ses mémoires, je craindrais de surcharger la science en reproduisant ici ces détails. Pour ne pas me dévier du plan adopté, pour ne point laisser de lacune, je me bornerai, en choisissant comme objet de comparaison et de contrôle, un autre type dans le même groupe des Muscides calyptérées, la *Calliphora vomitoria* ou mouche bleue de la viande, à tracer rapidement son appareil sensitif.

Les hémisphères cérébraux, lorsqu'on les étudie étalés, s'épanouissent chacun en une masse *optique* subréniforme couronnée par la *rétine oculaire* et sa *choroïde*. Le bord antérieur du plancher inférieur du cerveau a deux petits mamelons qui émettent les deux nerfs *buccaux*, tandis que les nerfs antennaires naissent au-dessous de ces mamelons. Le nerf *ocellaire* est simple, mais renflé à son extrémité, qui laisse apercevoir les trois choroïdes des ocelles, sessiles en apparence, mais où une autopsie heureuse m'a permis de distinguer trois courts pédicelles nerveux.

La partie postérieure du cerveau, qu'on serait tenté d'appeler *cervelet* ou *bulbe rachidien*, est percée d'une fente oblongue longitudinale pour le *collier œsophagien*. Le cordon simple qui l'unit au ganglion rachidien émet trois petites paires de nerfs.

Ce dernier ganglion est unique, grand, ovalaire, thoracique. De ses côtés partent, comme à l'ordinaire, les trois paires de nerfs *cruraux*, sans compter plusieurs autres d'un petit calibre. Il se continue en arrière en un nerf médian grêle et long, d'où partent des paires symétriques de nerfs *digestifs* (cinq), et il se bifurque en deux grands nerfs *génitaux*.

Le système nerveux des Muscides acalyptérées n'offre pas, dans les diverses peuplades de ce groupe, cette conformité de composition ganglionnaire observée dans les calyptérées. Nous venons de voir dans celles-ci un ganglion unique, et il est thoracique; tandis que, parmi les acalyptérées disséquées jusqu'à ce jour, j'ai trouvé tantôt trois de ces ganglions (*Ortalis*), tantôt deux (*Tetanocera*, *Loxocera*, *Platystoma*), tantôt, enfin, et c'est l'immense majorité, un seul. J'avoue que cette dissemblance de composition dans un appareil de première importance organique ébranle fortement mes convictions sur la légitimité de ce groupe, qu'il faudra, sans doute, diviser en plusieurs familles diversement combinées.

Je borne à ces quelques lignes ce qui concerne l'appareil sensitif des Muscides acalyptérées. Toutefois, je ne saurais passer sous silence un fait anatomique du plus piquant intérêt fourni par l'hippobosque, un des derniers genres de tout l'ordre des Diptères : je crois ce fait applicable à la généralité des insectes. Les paires de nerfs qui partent du ganglion rachidien unique de l'hippobosque sont disposées sur deux plans : l'un *dorsal*, l'autre *ventral*. Cette disposition porterait à penser que de ces nerfs les uns président au *mouvement* et les autres au *sentiment*, comme cela existe dans les nerfs rachidiens des animaux le plus haut placés.

CHAPITRE II.

APPAREIL RESPIRATOIRE.

Dans les Diptères, comme dans tous les insectes à trachées, l'appareil respiratoire semble cumuler deux fonctions, la respiration et la circulation. Toute expression dubitative doit même être exclue, et l'on peut affirmer que le mode de distribution de cet appareil, qui se divise et se subdivise à l'infini, comme les vaisseaux sanguins des vertébrés, rend incompatible une prétendue circulation de liquide avec une positive circulation d'air : celle-ci annule par le fait la première.

1° *Stigmates.* — Il y en a le plus souvent deux paires *thoraciques :* l'une, *mésothoracique,* située au-dessous de l'angle antérieur du thorax, ayant l'ouverture presque perpendiculaire à l'axe du corps; l'autre, *métathoracique,* occupant un sinus tégumentaire au-dessus du trochanter postérieur et ayant l'ouverture très-oblique. Ces stigmates sont ordinairement oblongs, grands, à deux valves taillées en biseau pour se recouvrir mutuellement dans l'acte respiratoire. Ces valves sont glabres sur leurs bords dans les Tipulaires, garnies de cils fournis ou de franges dans les Tabaniens; ces stigmates sont ronds et comme operculés dans l'*Echinomyia,* tomenteux dans le *Calliphora.* La famille des Pupipares, la dernière de l'ordre, offre des singularités pour le nombre de ces stigmates thoraciques : le mélophage, insecte aptère, en a deux paires, et l'hippobosque, ainsi que l'ornithomye, insectes ailés, n'en ont qu'une. On peut voir dans mon travail spécial sur l'anatomie des Pupipares[1] l'explication que j'ai donnée de ces différents cas. Elle est déduite des habitudes et du genre de vie de ces divers genres de Diptères.

Les stigmates *abdominaux* sont établis, les uns sur le segment dorsal lui-même, les autres sur la membrane souple qui sépare les segments dorsaux des ventraux : de là leur division en stig-

[1] *Études anat. et physiol. sur les Pupipares.* (*Annales des Sc. nat.* 3e série, t. III; 1845.)

mates *segmentaires* et *intersegmentaires*. Cette division, aussi importante que naturelle, est applicable aux stigmates abdominaux des insectes des autres ordres. Ces orifices respiratoires, toujours disposés par paires symétriques sur les côtés de l'abdomen, diffèrent aussi par leur nombre suivant les familles : ceux des Culicides sont intersegmentaires et au nombre de six, en points ronds. Je n'ai pas découvert, non plus que Réaumur, les stigmates abdominaux des Tipulaires : j'en appelle à de nouvelles explorations. Ils sont pareillement intersegmentaires dans les Tabaniens, Asiliques, Syrphides, mais au nombre de cinq dans les premiers et les derniers, de six dans les seconds. Ceux des Muscides calyptérées sont segmentaires, au nombre de cinq petits et ronds, nichés au milieu des poils du tégument. Le premier est fort difficile à découvrir, parce qu'il est placé sur un segment rudimentaire de la base de l'abdomen, et il m'a fallu violer la perspective dans le dessin pour le mettre en évidence. Parmi les Muscides acalyptérées, le *Platystoma* les a segmentaires, et ils m'ont semblé au nombre de trois paires seulement, ce qui est fort extraordinaire. Les deux premières sont semblables à de petits points noirs; la troisième, située près de l'oviscapte, est grande, oblongue, ellipsoïdale. Dans le *Nemopoda*, genre très-voisin du précédent, les stigmates abdominaux sont intersegmentaires et au nombre de cinq paires. Parmi les Pupipares, l'hippobosque n'a que cinq paires de stigmates abdominaux nichés sur le tégument; il y en a sept dans le mélophage.

2° *Trachées*. J'ai étudié avec un soin scrupuleux leurs diverses formes dans toutes les espèces soumises à mon scalpel, afin de les faire concorder, soit avec la classification, soit avec les autres appareils organiques. En faisant dans mes dossiers d'observations le relevé statistique de ces formes, j'ai été surpris des résultats curieux et inespérés que j'ai obtenus.

Avant d'exposer ceux-ci, il est bon de dire que les Diptères ont les deux ordres de trachées qui se rencontrent en général dans tous les insectes, savoir : les *tubulaires* ou élastiques, dont l'existence est constante et que je ne m'attacherai pas à décrire,

et les *vésiculaires* ou membraneuses, qui ne sont pas indispensables. Ces dernières servent exclusivement au vol, et l'animal, suivant les besoins de cet exercice aérien, peut à volonté les enfler à divers degrés.

Je distingue, dans les trachées vésiculaires, trois formes particulières : 1° les *ballons* ou *aérostats*, vastes réservoirs logés à la base de la cavité abdominale, s'anastomosant d'une part avec les utricules thoraciques, de l'autre avec les canaux bronchiques ou les grandes trachées latérales. Le plus ordinairement, il n'y en a qu'une paire, et quelquefois ils manquent entièrement; 2° les *utricules thoraciques*, réservoirs de moyenne grandeur, parfois même très-petits, mais ne manquant presque jamais; 3° les *bulles céphaliques*, vésicules d'une petitesse extrême et prodigieusement multipliées dans le crâne, où, en même temps qu'elles servent d'édredon au cerveau, elles facilitent, en diminuant la pesanteur de la tête, la direction des mouvements généraux.

En parcourant la série des familles, je signalerai celles qui sont pourvues ou privées de ballons trachéens. Nous trouverons des faits piquants d'une explication parfois embarrassante.

Il existe une paire de ces ballons dans les Culicides, les Tipulaires et les Tabaniens. On connaît le sifflement aigu des premiers et le bourdonnement nourri des derniers. Quant aux Tipulaires, dont le vol est peu bruyant, mais assez actif après le coucher du soleil, leurs ballons sont aussi beaucoup plus petits. Dans la famille des Stratiomydes, l'*Ephippium* et les *Stratiomys* ont deux aérostats, tandis que les *Sargus*, *Chrysomyia*, *Pappo*, qui terminent ce groupe, n'en ont pas; mais les allures paisibles et le vol silencieux de ces trois derniers genres justifient cette privation. Les Asiliques, chasseurs robustes qui se précipitent comme un trait sur leur proie, qu'ils entraînent dans les airs, ont tous deux ballons, et les Empides, leurs voisins, n'en ont pas, tandis que le *Cyrtus*, qui succède à ces derniers, en est pourvu. Et que penser de l'absence complète des aérostats dans les Bombyliers, dont j'ai disséqué sept espèces? Comprenez-vous une privation aussi absolue

dans des insectes dont la vie si agitée est toujours aérienne, et dont le bourdonnement aigu, origine de leur dénomination, est susceptible sous un soleil ardent de toutes les modulations? La nature ne nous doit pas compte de ses infractions à nos lois. Passons outre et déclinons encore notre compétence devant les Anthraciens, Diptères tout aussi bien aéricoles que les précédents, mais bien moins vifs et nullement bourdonnants, qui, cependant, portent dans leurs flancs deux grands ballons arrondis. Les Thérévides, prompts au vol et danseurs aériens, en ont aussi deux, et les Leptides, qui les suivent, en sont dépourvus. Les Dolichopodes, aussi rapides à la marche qu'au vol, et les brillants Syrphides, qui partagent leur existence entre la corolle qu'ils effleurent, et leurs danses amoureuses, leurs équilibres aériens, sont munis d'aérostats parfaitement conditionnés. Le *Scenopinus,* jeté par l'imperfection de nos méthodes entre deux grandes nations de Diptères aérostatiques, vient témoigner de la privation des locomotives atmosphériques par ses habitudes sédentaires, sa marche lente et monotone, son peu d'aptitude à mettre en exercice des ailes toujours ployées et comme collées sur son corps. Les Œstrides, remarquables par le bourdonnement aigu et la prestesse du vol, et cette longue série des Muscides calyptérées, des *Dexia, Echynomyia Musca, Lucilia, Anthomyia, etc.* tous Diptères essentiellement actifs, turbulents et bruyants dans leurs exercices aériens, ont une paire de ballons : je l'ai vérifié sur quarante et une espèces. La catégorie non moins populeuse des Muscides acalyptérées, depuis le *Sepedon* jusqu'au *Sphærocera*, de ces petites mouches qui habitent ou les rivages solitaires, ou les plantes marécageuses, ou les lieux ombragés, qui ont une démarche grave et compassée, un vol paisible et muet; ces Diptères, dis-je, dont j'ai disséqué quarante-six espèces, sont tous, sans exception, déshérités d'aérostats comme de cueillerons aux balanciers. Enfin, l'*Hippobosca,* qui termine la chaîne diptérologique, confirme l'absence de ballons par son inhabileté à un vol soutenu et par sa vie parasite passée dans les régions les plus abritées du cheval.

APPAREIL RESPIRATOIRE DES LARVES.

Pour compléter, autant que le permettent nos connaissances actuelles, ce qui concerne l'appareil respiratoire des Diptères, je vais exposer succinctement mes recherches sur celui des larves de ces insectes en prenant pour types de ces organes de la respiration ceux qui offrent des combinaisons diverses fournies par le nombre des stigmates. Ce nombre, jusqu'à présent, se borne à une, à deux ou à huit paires.

Dans la famille des Tipulaires, on trouve les deux extrêmes de la combinaison. Dans les larves hémicéphalées terricoles, il n'y a qu'une seule paire de stigmates, et il y en a huit dans les fongivores.

Ces stigmates, dans la larve terricole du *Tipula lunata*, sont postérieurs et logés dans la caverne stigmatique du bout de l'abdomen. Ils se présentent au dehors sous l'aspect de deux plaques orbiculaires assez grandes, rapprochées, noires, avec un limbe moins foncé. Quelles qu'aient été et l'inspection la plus scrupuleuse et mes expérimentations sur la larve tranquille ou violentée, à sec ou immergée, je n'ai jamais pu saisir le moindre mouvement qui pût se rapporter au jeu, au mécanisme de la respiration. Après avoir isolé le stigmate, après avoir soigneusement râclé le pigment qui forme la couleur noire du disque, après avoir, dans une circonstance, détaché avec bonheur un grand lambeau de ce pigment sans offenser la trame sous-jacente, je l'ai soumis à la plus puissante lentille de mon microscope et j'ai cru y reconnaître de petits points ou des trous disposés sans ordre, de manière que je comparais cette membrane à un crible. Quant au limbe moins foncé, on y reconnaît de fines lignes transversales subgéminées sur un fond presque diaphane. Cette dernière texture rappelle celle, plus facile à constater, des stigmates en fer à cheval des larves de Coléoptères lamellicornes (*Ectonia, Oryctes*).

Les trachées de notre larve de Tipule forment, par leur en-

semble, un système vasculaire complet, d'une parfaite symétrie, et établissant ainsi, non-seulement une circulation, mais presque une double circulation aérifère. Les canaux bronchiques latéraux s'insèrent au centre des stigmates et conservent le même calibre jusqu'à la partie antérieure du corps; là, ils s'atténuent pour s'anastomoser entre eux, soit par des arcades, soit par des conduits traversiers antérieurs ou postérieurs. Dans leur trajet, les canaux bronchiques plus ou moins sinueux fournissent des trachées nutritives assez symétriques : la figure dira le reste. Toutefois, je décrirai en peu de mots le petit système trachéen qui revêt la face interne des stigmates. Il y a à celle-ci une houppe orbiculaire, une sorte de parenchyme formé par une immense quantité (des centaines) de trachéoles blanches bien nacrées, d'une finesse qui surpasse celle du brin le plus délié de la soie, et dont le microscope met en évidence les subtiles ramifications. En déchirant cette houppe, cette curieuse ébauche de poumon, j'ai bien aperçu les souches trachéennes où elle prend sans doute naissance; mais je n'ai pas constaté son mode de connexion avec le stigmate.

Les larves *céphalées* fongivores des Tipulaires (*Mycetophila inermis*) ont huit paires de stigmates sous la forme de très-petits points noirs situés à nu sur les côtés du corps, savoir : une *thoracique*, plus grande au premier segment après la tête, et sept *abdominales* aux sept segments qui suivent le troisième. Les canaux bronchiques paraissent naître directement des stigmates thoraciques et règnent parallèlement de chaque côté de la région dorsale en émettant un grand nombre de branches nutritives. Elles reçoivent de chaque stigmate abdominal un conduit simple et court, et communiquent ensemble par autant de canaux traversiers qu'il y a de segments.

Quel système circulatoire trouverez-vous plus symétrique, plus élégant, plus parfait que celui-là? Un regard sur son portrait suppléera à une description détaillée. Voyez comme ces nombreux canaux traversiers sont aptes à favoriser la circulation de l'air et à obvier aux embarras que les vicissitudes de la vie

pourraient faire éprouver à l'un ou à l'autre des canaux bronchiques!

Si dans la larve terricole où l'appareil trachéen se réduit à une seule anse continue dont les bouts sont les deux stigmates, l'inspiration et l'expiration ont évidemment lieu par ceux-ci, le grand nombre des orifices respiratoires de la larve fongivore peut nous laisser des doutes sur ce point. Peut-être bien que c'est par les stigmates antérieurs, qui sont les plus grands, qu'a lieu la prise d'air et que sa sortie s'effectue par les stigmates abdominaux.

Les larves *acéphalées* des Muscides ont deux paires de stigmates : l'une, postérieure, simple ; l'autre, antérieure, à plusieurs digitations et à plusieurs ostioles respiratoires. Dans un mémoire qui est encore entre les mains de l'Académie, qui traite et de la prétendue circulation et des métamorphoses organiques dans les trois états de la mouche vivipare ou sarcophage, j'ai fait connaître le système respiratoire de la larve de celle-ci : ce sont les stigmates postérieurs qui inspirent l'air, et les antérieurs qui l'expirent.

Dans les trois formes différentes de respiration que je viens de signaler, le phénomène physiologique est toujours le même.

CHAPITRE III.

APPAREIL DIGESTIF EN GÉNÉRAL.

Les Diptères, par la structure de leur bouche, sont destinés à pomper, à sucer, à lécher un aliment liquide ou pulvérulent. Quelques-uns d'entre eux, comme *Asilus, Scatophaga, etc.* peuvent saisir une proie vivante, la déchirer, la broyer, soit avec leurs griffes, soit avec quelques parties de leur bouche, et la disposer ainsi à être sucée ou avalée. On appelle *suçoir* ou *trompe* leur bouche. Ce suçoir a des formes une composition qui varient depuis celle du *Bombylius,* qui, toujours en évidence et inoffensive, a la longueur du corps, jusqu'à celle du *Tabanus,* qui est un ins-

trument vulnérant, et à celle du *Musca*, propre à lécher, rétractile et invisible dans le repos.

L'appareil de la digestion se compose des glandes salivaires et du tube alimentaire avec ses annexes.

Les *glandes salivaires* existent dans tous les Diptères et sont toujours simples, c'est-à-dire formées pour chaque côté par un seul vaisseau ou boyau blanchâtre ou diaphane, suivant le degré d'élaboration de la salive, tantôt plus ou moins long et capillaire, flexueux, reployé ou pelotonné, tantôt en bourse ovalaire ou oblongue. Ces vaisseaux sont *sécréteurs* par leurs parois, *réservoirs* par leur cavité. Ils aboutissent en avant à un *col* efférent, et les deux cols se confondent dans la tête en un seul conduit *excréteur* capillaire, qui verse dans la bouche le produit de la sécrétion. Cette composition, cette explication, sont communes à tout l'ordre.

Le *tube alimentaire* présente, relativement à son étendue, de curieuses différences depuis le *Culex*, où il n'a que la longueur du corps jusqu'à l'*Hippobosca*, où cette longueur a huit à neuf fois celle de l'insecte. Cette progression croissante à mesure que l'organisation est moins élevée est un fait aussi piquant que rigoureusement établi. Les *contenta* de ce tube peuvent éclairer sur le genre de nourriture des insectes.

Cet organe se compose, en suivant l'ordre de leur position, de l'*œsophage*, de la *panse*, du *ventricule chylifique*, des *vaisseaux hépatiques* et de l'*intestin*. Dans quelques espèces, il est aussi le siége d'une *glande odorifique* (Sepsidées).

L'*œsophage* est, en général, fort court et d'une grande ténuité. Je me dispenserai de le mentionner désormais dans l'histoire des familles, à moins qu'il ne présente quelque particularité.

La *panse*, qui, à quelques exceptions près (*Asilus*, Pupipares), ne manque jamais dans les Diptères, est constamment placée au côté gauche du tube digestif, l'insecte étant posé, quant à l'œil de l'observateur, dans l'attitude de la marche en avant. On distingue à cet organe : 1° un *col* tubuleux et grêle, inséré à la

terminaison de l'œsophage; 2° un *réservoir*, le plus souvent logé à la base de la cavité abdominale, dont la configuration est tantôt simplement ovoïde, tantôt, et c'est le plus ordinaire, bilobée ou en bissac. Cet organe, ainsi que le prouve son insertion avant l'origine du ventricule chylifique, est le premier réceptacle de l'aliment et paraît favorable à la rumination.

Le *ventricule chylifique* forme la plus grande longueur du canal alimentaire, et c'est lui qui se reploie en circonvolutions. C'est dans cet organe que l'aliment mélangé, combiné avec la bile, reçoit les conditions qui le rendent propre à l'assimilation. Son orifice a, dans les grandes divisions de l'ordre, une configuration et une structure fort différentes. Ainsi, il est simple dans quelques Tipulaires et dans les derniers genres des Diptères. Il s'accompagne dans les Tabaniens, Asiliques, Stratiomydes, Bombyliers, Rhagionides, Dolichopodes, Scénopiens, de deux *bourses ventriculaires* simples. Ces bourses ne sont que des prolongements latéraux, des boursouflures régulières et permanentes des parois de l'organe ; elles sont destinées au séjour, à l'élaboration de la bouillie alimentaire : elles sont doubles ou appendiculées dans tous les Syrphides. L'orifice du ventricule est formé d'un *godet* ou bourrelet orbiculaire et ombiliqué, dans les Conopsaires et les deux familles des Muscides.

Les *vaisseaux hépatiques* ou biliaires, presque toujours au nombre de quatre, rarement de cinq (*Culex*), ont leurs extrémités flottantes, excepté dans les grandes Tipulaires, où ils forment deux anses très-reployées, mais à quatre insertions. Ils ne s'insèrent jamais au rectum, en sorte que leurs fonctions ne sauraient être ambiguës; mais à l'extrémité postérieure du ventricule chylifique, quelquefois par quatre points isolés, le plus souvent par deux *canaux cholédoques*, dont chacun est l'aboutissant de deux vaisseaux, rarement par un seul canal commun aux quatre vaisseaux (Stratiomydes).

L'*intestin*, distinct du ventricule chylifique par une *valvule* qui correspond à l'*iléo-cæcale* des grands animaux, est d'abord grêle et filiforme. Avant de se terminer à l'*anus*, il se renfle en un *rec-*

tum ovale ou oblong où se voient ordinairement quatre *boutons charnus* ou orbiculaires ou conoïdes. Ces boutons, au moins dans plusieurs Diptères (les Pupipares surtout), sont des muscles papilliformes, dont la base est fixée aux parois de l'organe et visible à l'extérieur, tandis que le reste est comme pendant dans la cavité du rectum; ils ne sont pas étrangers à la défécation.

CHAPITRE IV.

APPAREIL GÉNITAL EN GÉNÉRAL.

1° *Appareil génital mâle.* — Il se compose, comme dans les insectes des autres ordres, et même comme dans les animaux en général, de *testicules*, de *conduits déférents*, de *vésicules séminales*, du *canal éjaculateur* et de la *verge*, qui est renfermée dans l'*armure copulatrice*.

Les *testicules*, placés vers la fin de la cavité abdominale, sont des organes binaires, et chacun d'eux est toujours simple, c'est-à-dire unicapsulaire; ils sont libres, indépendants l'un de l'autre, excepté dans quelques Asiliques, où les deux sont renfermés dans une enveloppe commune accessoire, un véritable *scrotum*. Leur configuration varie à l'infini depuis l'ovalaire ou l'oblongue jusqu'à la filiforme, plus ou moins enroulée ou agglomérée; leur couleur est blanchâtre dans les Tipulaires, Tabaniens, etc. d'un brun plus ou moins intense à l'extérieur dans les Asiliques, Muscides, etc.

Les *conduits déférents*, le plus souvent grêles comme un fil, ont une longueur différente suivant les genres; quelquefois, on ne les distingue pas du testicule, dont ils ne semblent que la continuation. Ils sont parfois d'une extrême brièveté et presque nuls. Ce n'est que fort rarement qu'on leur trouve des renflements ou des replis particuliers qui simulent un *épididyme*.

Il n'existe ordinairement qu'une seule paire de *vésicules séminales*. Les conduits déférents s'y insèrent immédiatement avant qu'elles confluent pour la formation du canal éjaculateur. Dans

quelques Muscides acalyptérées, ces vésicules sont doubles de chaque côté, et dans plusieurs genres des calyptérées (*Musca, Curtonevra, etc.*) elles n'existent pas du tout. Leur forme se diversifie suivant les familles, depuis celle d'un réservoir ovalaire jusqu'à celle d'un filet tubuleux, dont la longueur, tantôt égale à peine celle du testicule, et tantôt se reploie en agglomérations inextricables; quelquefois, il existe une de ces vésicules impaire.

Le *canal éjaculateur*, ou le tronc commun de tout l'appareil sécréteur et conservateur du sperme, a aussi ses diversités de formes. Il est parfois excessivement court (Culicides), et dans d'autres familles, fort long et reployé. Dans les Syrphides, il offre, comme un trait propre à cette famille, un *réservoir spermatique*. Dans les espèces où les vésicules séminales manquent (*Musca, etc.*), sa longueur et ses flexuosités les remplacent.

L'*armure copulatrice*, réceptacle de la verge, est une machine des plus compliquées, destinée à se porter hors du corps lors de l'union des sexes. Les nombreuses pièces plus ou moins symétriques, cornées ou coriacées qui la composent, combinent leur action, soit entre elles, soit avec les organes externes de la femelle pour consommer l'acte de la fécondation. Elle varie suivant les espèces et constitue, par sa configuration comme par sa structure, la garantie de l'inviolabilité des types spécifiques.

2° *Appareil génital femelle.* — Les organes qui entrent dans sa composition sont : les *ovaires*, l'*oviducte*, la *glande sébifique* avec les réservoirs *séminaux*, les *œufs* et l'*oviscapte*.

Les *ovaires* sont constitués chacun par un faisceau de *gaines ovigères* courtes ou longues, en nombre déterminable ou innombrable, uni ou pluriloculaires; leur étude peut déjà décider de l'abondance de la progéniture. L'ovaire a un *calice* ou central, ou inférieur ou postérieur, où les œufs à terme peuvent s'accumuler pour être au besoin transmis par un *col* à l'oviducte. Dans les Diptères *vivipares*, les œufs passent des ovaires dans des réservoirs particuliers où ils subissent une incubation et une éclosion, de manière que ces réservoirs peuvent renfermer à la fois et des

œufs et des larves : je les ai appelés pour cela *ovo-larvigères*. Il est aussi des Diptères qui ne mettent au monde ni œufs ni larves, mais des *chrysalides* ou *pupes :* ce sont les Pupipares. Dans ce mode singulier de parturition, la mère ne donne le jour qu'à une seule chrysalide.

L'*oviducte* est le tronc commun des ovaires, comme le canal éjaculateur est celui des organes spermifiques; il présente de nombreuses modifications de longueur et de structure. Dans les Muscides vivipares, il se développe pour devenir le réceptacle des œufs et des larves; son orifice extérieur est la *vulve*, et s'accompagne le plus souvent de deux appendices unis ou biarticulés que j'appelle les *tentacules vulvaires*. Ils ont pour fonction ou de servir de grandes lèvres lors du coït, ou de diriger, de coller les œufs au moment de la ponte.

Mais l'oviducte ne sert pas seulement à l'acte copulateur comme un vagin et à éconduire le produit de la gestation. Les œufs à terme, c'est-à-dire parvenus au dernier degré de leur croissance, n'ont pas encore reçu dans leurs gaînes ovigères l'imprégnation prolifique, quoiqu'ils aient sans doute été mis en éveil par la commotion coïtale. A leur trajet dans l'oviducte, ils doivent recevoir d'un ensemble d'organes inséré sur celui-ci l'ablution séminale et un enduit conservateur. Depuis plus de vingt ans, j'avais donné le nom de *glande sébifique* à cet ensemble d'organes, dont les uns sont évidemment *sécréteurs* et les autres simplement *réservoirs*. Aujourd'hui, qu'une étude plus approfondie de cet appareil complexe et que les découvertes importantes de Von Siebold et M. Loew sont venues, sinon déchirer, du moins soulever le voile de ses attributions physiologiques, il convient de modifier une dénomination dont la signification est trop restreinte et trop partielle. Celle d'*appendices de l'oviducte* de M. Loew me semble peu physiologique, et j'adopterai, au moins provisoirement, la double désignation de *réservoir séminal* et de *glande sébifique*.

Ces deux organes ont une forme, une composition fort variables, suivant les familles, et je réserve pour l'étude anatomique de ces

familles l'exposition de ces curieuses différences; je me bornerai actuellement à indiquer les fonctions respectives et la nomenclature des diverses parties de cet appareil. Quoique les auteurs précités aient diminué les incertitudes physiologiques sur ces organes, ils sont loin d'avoir entièrement dissipé les miennes, ainsi qu'on le verra dans l'anatomie des familles.

Les organes dont il est question ont, pour la plupart, leur insertion à la paroi supérieure de l'oviducte et à la moitié antérieure de ce conduit. Le réservoir séminal précède presque toujours la glande sébifique, et cette position respective est conséquente aux attributions physiologiques de ces deux organes. S'il est vrai, comme je le crois, que les œufs, au moment d'être pondus, sont enduits par un vernis conservateur fourni par la glande sébifique, il est de toute rigueur qu'auparavant ils soient fécondés par le baptême prolifique du réservoir séminal.

Mais il existe entre mes dénominations techniques et celles de M. Loew une grave et singulière dissemblance, qui tient à la manière d'envisager les fonctions des organes. Ce savant appelle *glande du mucus* mon *réservoir séminal*, et *receptaculum seminis* ma *glande sébifique*. Il est tombé, je crois, dans un véritable quiproquo physiologique, et c'est en renversant les rôles qu'on arrive au vrai.

Quoi qu'il en soit, je désigne sous le nom de *réservoir séminal* un organe presque toujours binaire ou pair, composé de deux bourses semblables, de configuration très-diverse, inséré en avant de la glande sébifique, et quelquefois muni d'un col commun fort court.

La *glande sébifique* consiste, dans le plus grand nombre des Diptères, en trois vésicules suborbiculaires à centre plus ou moins noir, éminemment sécrétoires, que je nomme *orbicelles* et M. Loew *capsules glanduliformes;* ces orbicelles sont, en général, munis d'un conduit *efférent* subcapillaire, droit ou fléchi, ou flexueux ou roulé sur lui-même. Je ne comprends pas comment M. Loew, après avoir reconnu dans cet organe tous les traits

propres à un appareil sécréteur, à une glande, a pu se laisser entraîner à la dénomination si insignificative du *receptaculum seminis*.

Les *œufs* des Diptères sont ou ovales, ou oblongs ou allongés et parfois hémisphériques; la plupart sont blancs ou jaunâtres, mais il y en a de noirs comme du charbon (Tipules).

L'*oviscapte* est un organe destiné à introduire, lors de la ponte, les œufs dans un milieu plus ou moins résistant; il varie singulièrement suivant les familles; quelquefois, il consiste en un instrument corné et à deux lames, toujours en évidence au bout de l'abdomen (Tipulaires); dans un très-grand nombre de Diptères, il se compose de plusieurs tubes rentrant les uns dans les autres, comme les tuyaux d'une lunette d'approche, et leur ensemble est rétractile au gré de l'insecte.

CHAPITRE V.

TISSU ADIPEUX SPLANCHNIQUE.

Dans mes diverses publications entomotomiques, j'ai presque donné l'importance physiologique d'un organe à ce tissu; il remplit, en effet, une fonction nutritive secondaire, en même temps que, peut-être, il contribue à concentrer autour des viscères la chaleur vitale. On sait que son abondance est en raison inverse de l'activité du genre de vie.

Ce tissu existe en proportions variables dans les Diptères; mes nombreuses autopsies m'ont fourni, à ma vive surprise, des faits très-piquants sur sa quantité et sa nature suivant les habitudes des espèces. On conçoit quel soin scrupuleux il faut apporter pour recueillir avec exactitude les résultats si faiblement nuancés de semblables dissections; mais ces nuances n'en sont pas moins des vérités.

Les Culicides, insectes qui fuient la lumière du soleil et qui sont exposés à des jeûnes plus ou moins prolongés ont, sous les viscères, une couche adipeuse grisâtre, assez fournie. Les Tipu-

laires, qui marchent peu et volent mal, ont, dans les grandes espèces, une pulpe graisseuse, blanchâtre, formée de sachets ovalaires ou parfois de lambeaux éguenillés, grêles, entre-croisés, et enlaçant les viscères : cette pulpe est presque nulle dans le *Ceroplatus*. Ce ne sont que des granules libres, mais abondants dans les *Macrocera*, *Sciara*, *Mycetophila*. Le *Rhyphus* a une grande quantité de sachets oblongs. La graisse est moins considérable dans le *Bibio*, insecte plus diurne que les autres. Les *Psychoda*, qui vivent dans les réduits obscurs des fossés, ont de nombreuses granulations ovales ou arrondies.

Les larves des Tipulaires terricoles, animaux voraces, aveugles et cachés dans les entrailles du sol, sont pourvues d'une assez grande abondance de tissu adipeux : celui-ci se présente sous la forme de nappes ou de larges tabliers épiploïques blanchâtres, criblés de trous arrondis ou de réticulations comme une dentelle. Dans la larve du *Xyphura*, ce sont des lanières fort étroites, croisées en mailles lâches et irrégulières; celle du *Ceroplatus* a des lambeaux grisâtres, filiformes, flottants; celle du *Mycetophila* a de longs rubans déchiquetés où les granules sont disposés sur un même plan.

Dans les Tabaniens, dont les femelles sanguinaires ont une vie très-active sous un soleil ardent, mais qui, dans les temps couverts et frais, sont retirées et souvent forcées à un régime austère, on trouve constamment autour du ventricule chylifique un grand châle épiploïque blanchâtre, formé de sachets enchevêtrés de trachéoles, et indépendamment de cela, si la dissection est heureuse, une membrane hyaline péritonéale, plus ou moins collée contre les parois abdominales. Parmi les Stratiomydes, l'*Ephippium*, de mœurs assez paisibles, a des granules adipeux libres et des sachets grands assez fournis, tandis que les *Stratiomys*, plus actifs, n'ont presque pas de réserve graisseuse. Le *Vappo* et le *Beris*, assez sédentaires, ont, au-dessous des viscères, des granules détachés assez grands. Dans les *Sargus*, qui n'ont pas beaucoup de vivacité, on trouve des sachets polymorphes abondants, formant avec les

trachées des espèces de grappes ou de guirlandes. Le *Cyrtus* a des granules libres nombreux; les *Empis*, assez volages, ont à peine quelques rares lambeaux d'une graisse jaunâtre; les Asiliques, chasseurs vigilants, le plus souvent en faction, d'un vol brusque, rapide, mais non prolongé, ont le châle ventriculaire des Tabaniens et de larges nappes sous-viscérales recouvertes de sachets. Les Anthraciens et les Bombyliers, dont l'existence aérienne est plus ou moins agitée, ont sous les viscères quelques lambeaux de nappes graisseuses; mais les premiers, incontestablement moins vifs, ont des granules détachés qui ne s'observent pas dans les seconds. Ces nuances ne sont futiles qu'en apparence. Les Dolichopodes, les Thérévides, les Rhagionides, tous Diptères d'une vie assez active, ont à peine quelques follicules polymorphes et rarement des granules libres; les Syrphides, presque toujours suspendus en l'air et bourdonnants, ont quelques guenilles adipeuses rares; le *Scenopinus*, au contraire, d'un caractère morose et d'habitudes sédentaires, a abondamment une pulpe granuleuse blanche et des grains détachés, les deux formes du tissu adipeux qui annoncent par leur réunion les propriétés vitales les moins énergiques. Nous ne connaissons pas bien les habitudes des Conopsaires; mais à en juger par l'abondance des granules adipeux pulvériformes, ils ne doivent pas être fort actifs. Les OEstrides m'ont offert dans le *Cephalemyia* une enveloppe péritonéale aranéeuse, dans l'*OEstrus* quelques granules libres : je parierais que le premier a une vie plus agitée. Les Muscides calyptérées, qui, en général, se font remarquer et par la prestesse de leur vol bourdonnant et par la rapidité de leur marche, ont une pulpe adipeuse médiocrement abondante sous la forme ou de granules libres, ou d'une couche pariétale, ou de grumeaux; mais leur graisse est toujours blanche ou grise. Les Muscides acalyptérées, où les espèces sont presque toutes d'une humeur paisible et sédentaire, peu habiles au vol et à la course, ont une quantité assez considérable de tissu adipeux. Mes procès-verbaux de dissection m'ont donné des résultats singuliers. Les espèces des *Sepedon*, *Tetanocera*, *Loxocera*,

genres riverains ou habitants des plantes marécageuses, ont au-dessous des viscères une couche pariétale d'une graisse fauve, chocolat ou blonde, et, outre cela, une pulpe grumeleuse blanchâtre située sur les organes; les *Scatophaga* et les *Sapromyza*, dont le genre de vie est bien différent, ont des flocons adipeux uniformément blancs; les *Helomyza*, amis de l'ombre des forêts, mais non riverains, ont des lambeaux graisseux et des granules libres; le *Tephritis*, que j'ai souvent rencontré dans les bois pondant ses œufs sur les champignons parasites, a sous les viscères une couche pariétale chocolat, quoique l'espèce ne soit pas riveraine : sa vie privée est encore à étudier. Le *Platystoma*, habitant grave et sédentaire des troncs d'arbres ombragés, a une abondance singulière de granules adipeux sphériques, libres, blanchâtres, qui rappellent ceux que j'ai signalés dans les Ichneumons et autres Hyménoptères. Le *Calobata* et l'*Ulidia*, qui vivent sur les végétaux des bords ombragés des fossés, ont, le premier, une couche sous-viscérale fauve, le second, un ruban de cette couleur le long des flancs et des granules libres, blancs, pulvériformes. Le *Lauxania* a le ruban latéral de l'*Ulidia*, mais blond et sans granules; le *Lonchæa*, genre contigu au précédent, a une couche sous-viscérale épaisse, blanche, et par-ci par-là quelques lambeaux ferrugineux; l'*Ochtera*, malgré sa vie toute riveraine, n'a qu'une pulpe adipeuse grisâtre, et le *Notiphila*, cohabitant du même rivage, a des sachets ovalaires blancs suspendus aux trachées. Je n'ai aperçu dans le *Teichomyza*, domicilié des écuries, que des lambeaux polymorphes d'une graisse subdiaphane; l'*Ephydra-ripicole*, des lieux ombragés, a une pulpe abondante chocolat, et aussi quelques sachets gris; le *Sphærocera*, qui se plaît dans les crottins des forêts, a des grumeaux abondants, blancs, et une couche sous-viscérale roussâtre; enfin, les *Phora*, agiles à la course et presque cosmopolites, n'ont que des granules libres. Parmi les Pupipares, dernier groupe de l'ordre, l'*Hippobosca* a des granules adipeux ronds, souvent contigus en séries moniliformes, et quelques guenilles clair-semées.

DEUXIÈME DIVISION.

ANATOMIE PARTICULIÈRE DES FAMILLES.

FAMILLE DES CULICIDES.

Par le seul fait de son habitation importune dans nos demeures, le cousin, insecte si frêle, mais si redoutable, est devenu l'objet de l'étude sérieuse des plus recommandables auteurs depuis Aristote et Pline, jusqu'à Swammerdam, Leuwenhoeck, Réaumur, de Géer, Latreille, etc. Réaumur, le modèle des observateurs, semble avoir épuisé tout ce qui est relatif aux formes extérieures, aux mœurs, au genre de vie, aux métamorphoses de ce Diptère; il ne manquait, pour compléter son histoire naturelle, que de porter le scalpel dans ses viscères, que de mettre en évidence les ressorts secrets des divers actes extérieurs : je viens offrir à la science ma part de matériaux pour atteindre ce but.

Les Culicides disséqués se bornent aux suivants :

1. *Culex annulatus.* Fabr.
2. —— *lutescens.* F.
3. *Anopheles bifurcatus.* Meig.

La première espèce étant la moins petite et la plus répandue dans la contrée que j'habite, c'est celle-là dont j'ai plus particulièrement étudié et représenté l'anatomie.

CHAPITRE PREMIER.

APPAREIL DIGESTIF.

Tout le monde sait que les cousins s'abreuvent du sang des animaux, mais tout le monde ne sait pas que les femelles seules sont sanguinaires. Quelques auteurs avaient émis l'idée qu'à défaut de sang, ces insectes suçaient les fleurs ou les humeurs des feuilles, et Réaumur l'avait combattue. L'anatomie avait droit de

résoudre la question. Elle a constaté dans l'estomac des femelles l'existence du sang, et dans celui des mâles un aliment incolore. Ce fait, tout extraordinaire qu'il est, n'est pas isolé en entomologie, et les *Tabanus* nous en fourniront bientôt un autre exemple.

La trompe longue et menue du cousin se termine par un bouton bilabié et n'est que le fourreau d'un suçoir de cinq pièces sétiformes, dont les deux centrales, munies d'aspérités, font l'office d'instruments vulnérants, de dards, et les autres de lancettes et de sonde cannelée.

Les *glandes salivaires* des cousins ont une finesse capillaire et atteignent à peine par leur bout libre le tiers postérieur de la cavité thoracique.

J'avoue que je ne vois pas sur quoi se fonde l'opinion de ceux qui avancent que le cousin envenime la piqûre en y insérant un liquide irritant; je ne trouve nulle part, dans l'intérieur de cet insecte, la glande ou l'organe spécial d'un semblable virus. Cette glande n'existe pas davantage dans le stomoxe, le taon et autres Diptères à morsures douloureuses, tandis qu'on la rencontre sous des formes très-variées dans tous les Hyménoptères, qui produisent des piqûres envenimées au moyen d'aiguillons rétractiles placés à la région de l'anus et recevant des glandes spéciales vénénifiques une liqueur irritante. La considération de la structure du dard du cousin, dont les dents acérées sont si favorablement disposées pour déchirer le tissu, et celle du mouvement de succion me paraissent suffisantes pour se rendre raison et de la douleur et de la formation subite d'un exanthème inflammatoire. Il est donc plus conforme aux faits anatomiques, il est plus physiologique de penser que la liqueur salivaire se mêle au sang lors de la morsure comme à tout liquide alimentaire pour en rendre la digestion plus facile.

Le *tube alimentaire* ne dépasse que peu ou point en longueur celle de l'insecte; il est par conséquent à peu près droit. Dans le *Culex lutescens*, j'ai trouvé l'œsophage un peu renflé à son insertion ventriculaire. La *panse* a son réservoir simple, globuleux ou

ovoïde quand il est plein de liquide; oblong, plissé sur ses bords dans le cas contraire. Je n'y ai jamais rencontré qu'un liquide incolore ou à peine ambré, même lorsque le ventricule chylifique était gorgé de sang. Ce fait semble, au premier abord, inexplicable; cependant, en analysant physiologiquement ce qui se passe lors de la piqûre du cousin, la solution est moins embarrassante. J'avais d'abord pensé que, pendant la déglutition, il se faisait, par une chimie organique encore mal comprise, un départ de la matière colorante, qui, plus essentiellement nutritive, franchissait seule l'orifice ventriculaire, tandis que le sérum gagnait le réservoir de la panse comme aliment plus grossier pouvant être utilisé dans les temps de disette; mais l'explication suivante est tout aussi admissible et doit peut-être se combiner avec l'autre. L'insecte, avant d'avoir déterminé par sa piqûre la fluxion sanguine dans les vaisseaux capillaires du tissu cutané, a dû sucer de la lymphe pure, et c'est celle-ci qui est tenue en réserve dans la panse, soit pour être ensuite rejetée par le vomissement, soit pour servir aux besoins dont j'ai parlé.

Le *ventricule chylifique* offre constamment à son origine une paire de *bourses ventriculaires* ovoïdes, plus ou moins pédicellées, et de volume variable, suivant la quantité de liquide ou de bulles d'air qu'elles renferment[1]. Ce liquide est ordinairement ambré. Le ventricule est plus ou moins renflé, en une poche ellipsoïdale, dès qu'il a atteint l'abdomen. On voit parfois à son origine une sorte de renflement qui semble annoncer une tendance à se bilober comme dans les dernières Tipulaires. Je l'ai trouvé ainsi dans le *Lutescens*. Cet organe, quand il est gorgé outre mesure de sang, prend, aussitôt qu'on a ouvert les parois abdominales, un développement énorme.

[1] Suivant M. Pouchet (*Compte rendu de l'Académie des sciences, octobre 1847*), la larve du cousin aurait huit estomacs vésiculiformes. Cet auteur appelle *estomacs* ce que depuis longtemps j'ai désigné sous le nom de *bourses ventriculaires* dans les Orthoptères, quelques Névroptères et le cousin ailé lui-même. Ces bourses, plus ou moins verticillées à l'origine du ventricule chylifique, ne sont qu'au nombre de quatre dans les grandes larves des Tipules, comme on va le voir.

Les *vaisseaux hépatiques*, courts comparativement à ceux des autres Diptères, sont au nombre de cinq seulement, et ce chiffre impair est fort rare dans les insectes. Cette exception pour les cousins a été constante dans les nombreux individus soumis à mes dissections. Ces vaisseaux se fléchissent en anse pour se diriger toujours en arrière. Ils sont grêles, atténués un peu vers leur origine, tantôt assez uniformément blanchâtres, tantôt diaphanes, avec des mouchetures blanches, qui ne sont que les flocons intérieurs de la bile coagulée, et qui peuvent en imposer à des yeux peu scrupuleux pour des boursouflures ou des varicosités. Leur bout libre est parfois renflé en massue.

L'*intestin*, moins long que le ventricule, est d'abord filiforme; puis il se renfle en un *rectum* ovalaire, où se voient deux paires de boutons charnus orbiculaires.

CHAPITRE II.

APPAREIL GÉNITAL.

Les Culicides donnent plusieurs générations par année : six ou sept, suivant Réaumur. Leur accouplement se fait en l'air, le soir ou la nuit, ainsi que l'a constaté de Géer. Les femelles déposent à la surface des eaux stagnantes leurs œufs réunis en un petit tas. Les larves éclosent deux ou trois jours après la ponte et sont aquatiques toute leur vie.

ARTICLE Ier.

APPAREIL GÉNITAL MÂLE.

Les *testicules* du cousin, placés vers le tiers postérieur de la cavité abdominale, sont deux glandes oblongues, cylindroïdes, blanches. Les *conduits déférents*, plus longs qu'eux, capillaires et presque droits, se renflent en arrière en une poche oblongue, qui tient lieu d'*épididyme*. Ces deux poches sont si contiguës, qu'un œil peu exercé pourrait croire qu'elles confluent ensemble.

Les *vésicules séminales*, confinées au bout de l'abdomen et difficiles à mettre en évidence, se présentent sous la forme de deux grosses utricules ovoïdes ou ventrues, confluentes en arrière, où a lieu l'insertion des conduits déférents. Le *canal éjaculateur* est fort court et étroit.

L'*armure copulatrice* du *C. annulatus* a un *forceps*, toujours visible au bout de l'abdomen, dont les branches conoïdes, velues en dehors et terminées par un crochet articulé, corné, glabre, presque de leur longueur, sont susceptibles d'un grand écartement et ressemblent aux mandibules des araignées, comme l'avait aussi observé de Géer. A la base inférieure du forceps est une *volselle*, invisible quand on envisage le bout de l'abdomen par sa face supérieure, et composée de deux petits crochets cornés, noirâtres, courbés en hameçon.

ARTICLE II.

APPAREIL GÉNITAL FEMELLE.

Les *ovaires*, dans un état de fécondation avancée, constituent deux grappes oblongues ou allongées, finissant par occuper toute la capacité abdominale, garnies dans leur périphérie de *gaînes ovigères*, uniloculaires, courtes, oblongues ou subglobuleuses, suivant l'époque de la gestation, blanchâtres, extrêmement nombreuses (plusieurs centaines), tantôt pressées entre elles sans ordre, tantôt paraissant affecter une disposition par séries longitudinales. Ces gaînes, pour ainsi dire sessiles, sont dépourvues de ligament propre. Le *calice* de l'ovaire, par le fait même de l'insertion périphériale des gaînes ovigères, est central. Le *col* est court, ainsi que l'*oviducte*, qui est cependant plus long que lui. Les *œufs* à terme sont blancs, ovalaires, ou parfois en courte massue.

La *glande sébifique* se compose de trois *orbicelles* à large centre noir, à col *efférent*, capillaire, flexueux. Contre la règle générale,

le *réservoir séminal* est assez gros, ovalaire, subdiaphane, un peu atténué vers son insertion et unique. Nous trouvons dans la glande sébifique l'organe sécréteur de cette matière gluante dont parle Réaumur, et qui, au moment de la ponte, sert à coller les uns contre les autres les œufs si élégamment disposés dans une attitude verticale, pour former un berceau flottant.

L'*oviscapte* est excessivement court, et l'on ne peut en bien constater l'existence qu'en examinant à une forte loupe le bout de l'abdomen, soumis à une compression expulsive graduée. En procédant ainsi, on met en évidence une pièce centrale, cornée, lancéolée, velue, composée de deux lames contiguës, dont Réaumur ne parle pas. On voit aussi deux *tentacules vulvaires* biarticulés, bruns, dont l'article terminal, plus grand et en forme de cueilleron ovale, velu en dehors, est bien propre, par leur action combinée, à saisir doucement les œufs pour les colloquer d'une manière si régulière.

FAMILLE DES TIPULAIRES.

Cette populeuse famille, qui, il y a un demi-siècle, ne formait que le seul genre *Tipula*, se trouve aujourd'hui, par l'accroissement successif des espèces et par les progrès de la classification, divisée en cinq grandes tribus et en plus de soixante genres.

Latreille, Meigen, M. Macquart, et la plupart des savants qui se sont occupés de classer les Diptères, ont colloqué les Tipulaires et les Culicides à la tête de cet ordre d'insectes, quoiqu'ils n'aient fondé leurs caractères que sur l'étude de la structure extérieure. En leur assignant, d'un commun accord, ce poste avancé, ils ont consacré pour ces familles une prééminence que l'anatomie confirme, et dont le système nerveux nous a déjà fourni une preuve bien remarquable.

Les Tipulaires qui ont servi à mes dissections sont :

1. *Ctenophora pectinicornis.* Meig.
2. ——— *bimaculata.* Meig.
3. *Xyphura atrata.* Brul.
4. *Tipula oleracea.* F.
5. ——— *lunata.* L.
6. *Pachyrhina crocata.* Macq.
7. ——— *maculosa.* Macq.
8. *Anisotoma nigra.* Latr.
9. *Macrocera hybrida.* Meig.
10. *Mycetophila amabilis.* Duf.
11. *Mycetophila hilaris.* Duf.
12. *Ceroplatus dispar.* Duf.
13. ——— *tipuloides.* Bosc.
14. *Sciophila striata.* Meig.
15. *Sciara ingenua.* Duf.
16. *Psychoda ocellaris.* Latr.
17. ——— *trifasciata.* Latr.
18. *Rhyphus fenestralis.* Meig.
19. *Bibio marci.* L.
20. *Mycetobia pallipes.* Meig.

J'ai pris pour type de mes descriptions anatomiques la *Tipula oleracea*, commune dans toutes les contrées, et déjà illustrée par Réaumur, qui nous a fait connaître en détail et ses habitudes et ses métamorphoses (*Mém.* t. V, pl. 2 et 3).

1. M. Macquart, dans son excellente Histoire des Diptères, ne donne que *treize* articles aux antennes du genre *Tipula*. Il en existe *quatorze* dans l'*oleracea*, ainsi que dans beaucoup d'autres espèces: ces articles, mal étudiés jusqu'à ce jour, sont veloutés au microscope, ce qui les rend très-aptes à la fonction tactile; ils sont renflés et comme bulbeux en arrière, et c'est sur ce bulbe et non dans l'articulation que s'implantent les quatre soies verticillées qu'on y voit; le dernier, ou l'article apical, bien plus court que les précédents, est turbiné.

2. Le dernier article des palpes a aussi dans cette espèce et autres une organisation, une structure, qui méritent d'arrêter notre attention. Cet article, plus long à lui seul que les trois autres pris ensemble, a une flexibilité spéciale, déjà signalée par M. Macquart, qui peut se rendre sensible dans l'animal vivant, soit en la mettant en jeu par le toucher, soit en constatant pendant l'irritation de l'insecte les diverses contractions partielles qui lui donnent souvent de la difformité. Soumis à un fort grossissement microscopique, cet organe offre de fines raies transversales plus ou moins flexueuses, couvertes d'un duvet velouté ou en brosse, et faisant l'office de demi-articulations. Cette sou-

plesse le fait s'accommoder d'une manière très-immédiate aux surfaces des corps pour pratiquer le palper; elle lui permet de se ployer sous la tête, soit pour abriter la bouche, soit pour y introduire les aliments, soit enfin pour exercer avec le secours des poils qui le hérissent une action préhensive. J'ai déjà fait connaître des structures de cette espèce dans les palpes des phryganes[1] et dans les appendices caudales d'autres insectes.

CHAPITRE PREMIER.

APPAREIL DIGESTIF.

On ne nous dit pas quelle est l'espèce de nourriture des Tipulaires; mais la forme et la structure de leur bouche indiquent assez que celle-ci n'est propre qu'à lécher, qu'à humer un aliment liquide ou très-pulvérulent, et mes dissections ne m'ont jamais fait découvrir dans leur canal digestif qu'une liqueur peu abondante, incolore ou avec une teinte verdâtre.

Fidèle à la maxime de *suum cuique*, je dois dire que Ramdohr[2] a publié, il y a environ trente ans, la figure et la description du canal alimentaire des *Tip. lunata* et *oleracea*. C'est le seul auteur à ma connaissance qui ait porté le scalpel dans les entrailles des Tipulaires, et il s'est exclusivement borné à l'organe digestif.

J'exposerai aussi, à la fin du chapitre, mes recherches sur l'anatomie de leurs larves.

Les *glandes salivaires* ont dans les *Tipula* et les *Bibio* la forme d'une utricule ovoïde oblongue avec un col capillaire; elles sont grêles dans les *Ctenophora, Pachyrhina, Rhyphus*, bien plus longues dans le *Macrocera*, où elles pénètrent bien avant dans la cavité abdominale, presque capillaires dans le *Mycetophila*. Les dissections les plus attentives ne m'ont pas permis de constater leur

[1] *Recherch. anat. et phys. sur les Orthopt. Hymén. Névropt.* (Mém. de l'Instit. 1841, p. 352.)
[2] *Abhandl. üb. die Verd. der Ins.* p. 179, pl. 20, fig. 1.

existence dans les *Psychoda;* la petitesse et l'extrême fragilité de ces insectes les auront vraisemblablement dérobées à ma vue.

Le *tube alimentaire* est à peu près de la longueur du corps dans les espèces du genre *Tipula* de Geoffroy; il est un peu plus long dans les *Macrocera, Mycetophila, Ceroplatus, Rhyphus.* Celui du *Sciophila* et du *Bibio,* genre qui semble faire le passage des Némocères aux Brachocères de M. Macquart, a près de deux fois la longueur de l'insecte : dans le premier, c'est le ventricule chylifique, et dans le second les flexuosités de l'intestin qui forment ce surcroît d'étendue comparative. Le réservoir de la *panse* a une configuration qui varie et suivant les espèces et suivant quelques conditions digestives : dans les *Tipula* il est ou oblong ou avec un étranglement plus ou moins ridé ou boursouflé; il est grêle et courbé en hameçon dans les *Ctenophora* et les *Sciophila,* tandis que dans le *Xyphura* il est oblong et droit, ainsi que dans les *Pachyrhina, Ceroplatus* et *Sciara;* celui des *Macrocera* et *Mycetophila* est grêle et droit; il est au contraire large et bilobé dans le *Rhyphus,* ovoïde dans le *Psychodes.* Le *ventricule chylifique* est séparé de l'œsophage par une valvule intérieure analogue au *cardia* des grands animaux; dans la plupart des Tipulaires, il est simple et arrondi à son origine. Celle-ci, dans le *Ceroplatus,* a deux bourses ventriculaires conoïdes, et elle est échancrée, presque bilobée, dans le *Rhyphus.*

Les *vaisseaux hépatiques* présentent de notables différences suivant quelques genres. Dans les *Tipula, Ctenophora,* les *Pachyrhina, Anisomera,* ils sont capillaires plus longs que tout le canal digestif, très-flexueux, d'un jaune sale ou parfois brunâtres, implantés par quatre insertions isolées, et au lieu d'avoir des bouts flottants, ils constituent deux grandes anses reployées comme ceux des carabiques dans les Coléoptères; ils sont moins longs et avec quatre bouts libres et borgnes dans la plupart des autres genres. Ceux des *Psychoda* se renflent à leur origine en une sorte de *vésicule biliaire* ovale ou oblongue, qui rappelle celle que j'ai décrite dans quelques *Cimex.* Dans plusieurs autopsies de ces frêles Dip-

tères, j'ai constaté l'existence de cinq vaisseaux hépatiques, comme dans les cousins, presque aussi souvent que celle de quatre, que je regarde comme le nombre normal. Dans le *Rhyphus* et le *Bibio*, ils sont plus gros dans une bonne étendue de leur partie moyenne et ils renferment une bile brune ou violacée.

L'*intestin* présente dès son origine dans les *Tipula*, *Anisomera*, *Pachyrhina*, *Rhyphus* et *Bibio*, un renflement plus ou moins prononcé, dont la texture semble plus serrée. Le *rectum* a quatre boutons charnus oblongs: il y en a cinq ou six dans le *Bibio*, et ils sont presque nuls dans les *Ceroplatus*, *Rhyphus*, *Psychoda*.

APPAREIL DIGESTIF DE QUELQUES LARVES DE TIPULAIRES.

Quoique les larves ne soient qu'un âge, un état de l'insecte ailé, elles présentent néanmoins, tant sous le rapport de leur conformation extérieure que sous celui de leur anatomie viscérale, une si énorme différence, qu'on peut presque les considérer comme deux êtres distincts.

Je prendrai pour types de cette exposition anatomique les larves terricoles de la *T. lunata* et de la *Pachyrh. maculosa*, qui sont de grande taille.

Les *glandes salivaires* ont une conformation différente de celles du Diptère : diaphanes et d'une texture très-délicate, elles sont tellement engagées, enchevêtrées dans les mailles des tabliers adipeux, qu'elles éludent facilement les yeux peu familiers avec ces sortes d'investigations. Dans le *Pachyrhina*, ce sont deux longs boyaux filiformes à circonvolutions agglomérées, dont le conduit excréteur a une finesse plus que capillaire; elles sont aussi filiformes dans la *T. lunata*, mais bien moins longues et simplement flexueuses; celles du *Ayphura* ont en outre des boursouflures granuleuses sur leurs bords. Ces larves terricoles ne se filant pas un cocon pour leur métamorphose en nymphe, leurs glandes salivaires se bornent exclusivement à la sécrétion de la salive pour l'acte digestif; il n'en est pas ainsi dans les larves fongivores, dont

plusieurs s'enferment dans une coque: cet organe peut remplir à la fois les fonctions de glande salivaire et de glande *sérifique*. Ainsi, dans la larve du *Ceroplatus*, cette dernière est filiforme et plus longue que tout le corps[1]; elle a cette même longueur dans celle du *Mycetophila*, avec une disposition pinnatifide intérieure à sa partie postérieure[2].

Le *tube alimentaire* a pour sa longueur la plus parfaite analogie avec celui de l'insecte ailé, mais il diffère beaucoup pour sa composition et sa structure : l'œsophage, excessivement court dans la Tipule, se prolonge dans la larve, bien au delà de la tête, sans être capillaire; celui du ver de la *lunata* aboutit à un organe qui n'a pas d'analogue dans l'insecte ailé : c'est une poche globuleuse qui a tous les caractères d'un *gésier*, car il est revêtu intérieurement de colonnes charnues assez serrées, conniventes, soit en avant, soit en arrière pour former deux valvules. La *panse* n'existe pas; le *ventricule chylifique* est un tube membraneux, expansible, droit, embrassé à son origine par quatre *bourses ventriculaires* allongées, blanchâtres, collées contre les parois de l'organe et dont les deux inférieures sont plus courtes; ces bourses n'existent pas du tout dans l'insecte parfait.

Les *vaisseaux hépatiques* ont leurs quatre bouts flottants, tandis que dans la Tipule ces bouts doivent se souder ensemble. L'*intestin*, séparé du ventricule par une constriction annulaire, présente à une petite distance de son origine, et toujours au côté droit, un *cæcum* latéral oblong, qui est destiné à disparaître dans l'insecte ailé. Le *rectum* est allongé, plus ou moins ridé, mais sans boutons charnus.

Il n'y a dans la *Pachyrhina* ni gésier, ni bourses ventriculaires; l'œsophage se dilate en arrière en un *jabot* ovoïde; le ventricule chylifique, renflé à son origine, présente là quatre tubercules

[1] Voir mon mémoire sur les *Ceroplatus* (*Annal. des sciences nat.* avril 1839).

[2] Voir mon mémoire sur les métamorphoses des larves fongivores des Diptères (*Ibid* 1839).

charnus qu'il faut considérer comme les rudiments des bourses de la larve précédente; le reste est comme dans celle-ci.

Dans la larve de la *Xyphura*, il existe aussi un jabot sans gésier; mais son trait anatomique différentiel est une double rangée de quatre bourses ventriculaires allongées égales entre elles, l'une à l'origine, l'autre presqu'à la terminaison du ventricule. Les bourses de la première rangée sont dirigées d'avant en arrière et celles de la seconde d'arrière en avant.

Nous allons trouver dans le canal digestif de la larve si singulière du *Ceroplatus*, dont j'ai publié l'histoire dans le mémoire précité, des traits organiques qui ne se rencontrent ni dans l'insecte ailé, ni dans les larves terricoles; ce canal a près de trois fois la longueur de la larve. L'œsophage se renfle en un *jabot* allongé, à parois plissées en travers; il s'implante par un col à un *gésier* ovalaire à parois calleuses et rénitentes. Le ventricule chylifique, allongé et boursouflé, reçoit un peu après son origine deux bourses ventriculaires sous la forme de boyaux grêles, presque aussi longs que le ventricule. Les vaisseaux hépatiques, remarquables par leur grosseur, qui égale celle de l'intestin, et par leur médiocre longueur, s'unissent par paires en deux canaux cholédoques assez longs; l'intestin est filiforme et se reploie sur lui-même; il n'y a ni *cæcum* latéral, ni *rectum* marqué.

Le tube alimentaire de la larve du *Mycetophila* est à peine plus long que le corps. L'œsophage s'implante brusquement et sans jabot à un gésier ovoïde à parois calleuses; le ventricule chylifique a, dès son origine, deux bourses semblables à celles de la larve du *Ceroplatus*, mais un peu plus grosses et comme festonnées sur les bords; les vaisseaux hépatiques sont flottants par un bout avec quatre insertions isolées.

CHAPITRE II.

APPAREIL GÉNITAL.

ARTICLE Ier.

APPAREIL GÉNITAL MÂLE.

La petitesse, la fragilité et les connexions insolites des diverses parties de cet appareil en rendent la dissection et l'isolement d'une difficulté extrême.

Les *testicules* sont ovoïdes, subdiaphanes, situés vers le milieu des flancs abdominaux, enchevêtrés et comme perdus dans le tissu adipeux. Le *conduit déférent*, d'une ténuité capillaire, est six ou sept fois plus long que le testicule, et présente en arrière un renflement ellipsoïdal constant, souvent revêtu d'une tunique adipeuse jaunâtre. Ce renflement est un *épididyme* analogue aux épididymes vésiculaires que j'ai fait connaître dans plusieurs hyménoptères. Les *vésicules séminales* sont confondues, en apparence, en un seul cordon filiforme courbé en une crosse spiroïdale d'un jaune plus ou moins foncé, parfois safrané. Cette couleur est fournie par une tunique adipo-membraneuse. En arrière, ce cordon, qui n'est qu'un fourreau, reçoit les deux conduits déférents qui s'engagent sous sa tunique; en avant, il se termine par trois vaisseaux simples dont la constatation exige une patience éprouvée. De ces trois vaisseaux, les deux latéraux, égaux entre eux et fort longs, sont la continuation des vésicules séminales, et l'intermédiaire, plus court, doit être considéré comme le canal éjaculateur. Ces vaisseaux latéraux sont très-reployés, parfois même agglomérés d'une manière inextricable et se terminent par un bout flottant; quand on est assez heureux pour dépouiller le cordon de son enveloppe adipo-membraneuse, on se convainc que les deux conduits déférents, peu après leur entrée dans cette enveloppe, se dilatent un peu pour constituer les vésicules sémi-

nales : ces dernières sont étroitement adhérentes dans leur gaîne, comme s'il existait entre elles une membrane.

Le *canal éjaculateur* a encore plus de capillarité que les vésicules séminales, mais il est plus court qu'elles et je ne l'ai jamais trouvé revêtu d'une tunique adipeuse; à l'endroit où ce canal se dérobe au scalpel pour s'enfoncer dans l'appareil copulateur, il y a des pièces insolites dont les attributions sont encore mystérieuses pour moi, et qui rappellent la complication de l'organe génital mâle de l'abeille à miel.

Ce qui frappe d'abord la vue est un filet brun, corné, élastique, sétiforme, courbé presque en cercle, libre par un bout, implanté par l'autre derrière ou au-dessous d'une vésicule centrale dont je parlerai bientôt. Ce singulier filet, que sa texture et sa couleur rendent évidemment destiné à sortir du corps pour l'acte copulatif, est le *fourreau de la verge*. Une large membrane pellucide, que son excessive minceur rend presque imperceptible, l'unit dans la plus grande partie de sa longueur avec la vésicule centrale; le bout libre du fourreau, observé à la plus forte lentille de mon microscope, est tricuspidé; les pointes latérales sont légèrement arquées au dehors, celle du milieu est une sorte de stylet ou d'aiguillon droit, renflé vers sa base et terminé par une soie.

La vésicule centrale, assez grande, brunâtre, cornéo-membraneuse ou comme scarieuse, approche pour sa forme des deux tiers d'un sphéroïde; elle est fixée au corps par une base callosocharnue où l'on aperçoit, comme enfoncés dans les chairs, six crochets à peine cornés, dont deux plus grands sont les seuls apparents lorsqu'on n'a pas arraché cette base, et les quatre autres plus petits, mais de même nature, restent cachés. Ces six crochets m'ont paru avoir une base commune, et il est vraisemblable que leur principale fonction est de donner attache aux muscles.

C'est la troncature du bout de l'abdomen qui est le réceptacle de l'*armure copulatrice*, et il suffit d'y exercer une compression expulsive pour déterminer l'exsertion et le développement, l'épa-

nouissement de ses pièces constitutives. Avant moi, Réaumur avait décrit et figuré cette singulière machine copulatrice; mais nous n'attachons pas peu d'importance à confirmer les faits rapportés par ce profond observateur, et à signaler les erreurs ou omissions qui rendent ses figures défectueuses.

Les pièces copulatrices sont, les unes latérales, les autres centrales : les latérales, au nombre de quatre pour chaque côté, sont établies sur une base ou souche commune, de manière à former un faisceau. En procédant du dehors au dedans, ces pièces sont: 1° un *forceps* formé de deux grands crochets cornés, glabres, de couleur ambrée, plus foncée vers leur extrémité, arqués, en alêne pointue, tellement dirigés que, dans le repos de l'appareil, leur pointe regarde en haut; 2° deux sortes de *raquettes* d'un ambré pâle, glabres, dilatées et comme échancrées; 3° une *volselle* de deux lames cornées, en sabre courbe, à tranchant avec quelques cils microscopiques près de sa pointe, à dos garni d'une série de soies roides; 4° deux *stylets* noirs en lame subaiguë, roide, naissant de la base interne du sabre, non signalée par Réaumur. On voit aussi, près de l'échancrure du bout de l'abdomen, un pinceau de soies rousses et roides inséré sur un talon charnu.

Les pièces centrales se bornent à une tige subcornée trifide, avec les tiges latérales plus courtes terminées par un mamelon, séparées par un sinus marqué de l'intermédiaire dont le bout est conoïde. Par une compression expulsive, j'ai fait sortir de celui-ci un long brin blanchâtre, qui est suivant moi la *verge*, dont le fourreau était resté à l'intérieur. A une forte lentille microscopique, la verge se termine, d'un côté, par une pointe un peu arquée en dehors, de l'autre par une légère éminence : ce serait là une sorte de *gland*. La consistance de la verge est élastique; il y a un canal intérieur où j'ai aperçu des gouttelettes. Cet organe n'avait pas échappé à Réaumur, mais il n'en avait saisi ni la structure ni les attributions, et il le prenait pour un filet de sperme.

Je n'avais pas surpris à l'œuvre le filet corné, que sa position, sa texture et ses connexions me déterminèrent à désigner sous

le nom de *fourreau* de la verge, mais l'observation suivante vient lever tous les doutes.

Dans le mois de mai, j'ai fréquemment trouvé dans mon jardin les sexes de la *Pachyr. maculosa* accouplés et s'envolant de concert. Si on les saisit avec précaution dans ce moment, et qu'on les détache l'un de l'autre, on voit que le pénis sort de la vulve sous la forme d'un filet brun élastique, plus fin que le plus fin cheveu d'enfant, et que sa longueur égale presque celle de l'insecte. Ce filet, une fois dégagé du corps de la femelle, s'enroule, et si vous ne blessez pas le mâle, il rentre peu à peu dans le corps et disparaît entièrement. Disséquez ce même mâle et vous retrouvez dans la cavité abdominale ce filet ployé sur lui-même, à peu près comme une de ces longues cravaches de cocher, dont on ramène le bout flexible vers le manche. La tige, qui correspond à ce dernier, se dirige d'arrière en avant, et le filet revient d'avant en arrière. Une membrane hyaline occupe l'intervalle entre la tige et le filet, comme dans la *T. oleracea*. La pointe de celui-ci offre au microscope une ouverture latérale dépassée par un prolongement pointu qui fait l'office de *prépuce :* c'est par cette ouverture que sort la véritable *verge*.

L'appareil génital de la *P. crocata* est organisé sur le même plan que celui de l'*oleracea*, mais moins compliqué. Les testicules sont ovales ou ovoïdes; les conduits déférents, fort longs et grêles, n'offrent pas dans leur trajet le renflement épididymique, mais ils s'engagent pareillement dans un fourreau jaune qui ici fait deux ou trois circonvolutions; les vésicules séminales sont les mêmes.

Celui du *sciophila* est infiniment plus simple, ses testicules ovales-conoïdes, très-pointus, ont un conduit déférent grêle plus court qu'eux. Il y a deux paires de vésicules séminales, les latérales, allongées et courbées en crosse; les intermédiaires, subglobuleuses, pédicellées; le canal éjaculateur est long, filiforme. Dans l'accouplement, les abdomens sont unis bout à bout, et la femelle remorque le mâle.

Les testicules du *Macrocera* sont ovoïdes, le conduit déférent

est capillaire et deux fois plus long qu'eux; il n'y a qu'une paire de vésicules séminales filiformes.

Malgré l'extrême petitesse des *Psychoda*, j'ai pu constater cet organe de la génération dans l'*Ocellaris*. Il est d'une grande simplicité; les testicules ovoïdes, assez gros, presque sessiles, se terminent par une espèce de bouton globuleux ou par une pointe, suivant le degré de leur turgescence séminale; il n'existe pas de conduit déférent. Il y a deux paires de vésicules séminales, l'une centrale, plus grande, cylindroïde, plus longue que le testicule qu'elle reçoit à sa partie postérieure, et externe; l'autre, comme rudimentaire, oblongue, insérée au-dessous de l'insertion du testicule. Le canal éjaculateur est fort court. L'armure copulatrice se compose de deux paires de crochets, l'une plus inférieure en hameçons cornés, noirs, à concavité de l'arc, supérieure, très-garnie d'un duvet gris; l'autre, supérieure et latérale, de deux articles, le basilaire, court, gros et velu, le terminal en stylet droit, glabre, pointu, se fléchissant sur l'autre. Au centre des crochets, est une lame lancéolée plate, qui appartient sans doute au fourreau de la verge.

Les testicules du *Rhyphus* sont assez gros, conico-ovoïdes, d'un brun chocolat, atténués en arrière, rapprochés. Le conduit déférent est du même brun, grêle, mais renflé en arrière.

ARTICLE II.

APPAREIL GÉNITAL FEMELLE.

Les *ovaires* de la *T. oleracea* occupent, dans un état avancé de gestation, une grande partie de la cavité abdominale et frappent à l'instant la vue par leur couleur noire, comme charbonnée, où la loupe attentive aperçoit des granulations blanches formées par la saillie des gaînes ovigères. Chacun d'eux consiste en un sac ovale-conoïde, dont les parois molles et expansibles, entourées et pénétrées d'un riche lacis d'arbuscules trachéens, recèlent une quantité innombrable de *gaînes ovigères* oblongues, uniloculaires, tellement disposées dans toute la périphérie, que leur orifice correspond à une cavité centrale, qui est le *calice*. Il se ter-

mine en avant par un ligament propre qui s'unit à son congénère pour la formation du ligament suspenseur commun, fixé dans l'intérieur du thorax. Les gaînes sont enfoncées dans les parois de l'ovaire jusqu'à leur bout libre ou *ovulaire*, qui est seul sursaillant. Lorsque les calices renferment tous les œufs des gaînes, celles-ci, vides et flétries, sont tellement collées contre la face interne du calice ou tellement ratatinées, qu'il est impossible d'en constater l'existence malgré la minceur, la diaphanéité des parois. Mais dans la condition contraire, si on ouvre l'ovaire et qu'on en renverse les parois, on voit la face interne de celles-ci hérissée par les gaînes, qui y sont comme pendantes.

Dans d'autres circonstances, peut-être dans un cas pathologique, une espèce d'hypertrophie, les ovulaires ou les bouts sursaillants des gaînes deviennent fort gros, globuleux, et on les dirait remplis, distendus par une graisse compacte, une matière sébacée. Cet état insidieux en imposerait d'autant plus facilement pour des œufs blancs, qu'il ne s'observe guère qu'après la ponte, lorsqu'il n'y a plus d'œufs noirs dans le calice, lorsque toute fonction utérine a cessé. *Si licet parvis componere magna*, l'état de ces ovulaires est comparable aux engorgements des ovaires qui surviennent chez la femme à l'époque critique.

Les *œufs*, au nombre de plusieurs centaines, sont oblongs, subcylindroïdes, remarquables surtout par leur couleur très-noire et luisante. Contre l'assertion de Réaumur, je ne les ai jamais rencontrés courbés en croissant. Ils ne deviennent tels qu'en se déformant par la dessiccation.

L'*oviducte* est court, mais assez large La *glande sébifique* consiste en trois vésicules ovoïdes d'un brun foncé, plus ou moins masqué par une enveloppe adipeuse blanche. Ces vésicules ne sont pas, comme les *orbicelles* du cousin, noires seulement au centre : chacune d'elles a un col *efférent* capillaire, reployé, élastique, blanc, excepté vers son origine, où il a une teinte rembrunie. Les trois cols aboutissent à un seul conduit *excréteur* aussi fin qu'eux et un peu moins long. Les *réservoirs séminaux*

sont deux boyaux en massue courbée en crosse, d'un blanc opaloïde, terminée brusquement en arrière en un col court et fin, presque imperceptible. Ces deux cols contigus, mais non confondus, s'insèrent à une espèce de bulbe olivaire ou oblong, implanté sur l'oviducte au même point que le conduit excréteur de la glande sébifique. Lorsqu'on saisit avec une fine pince le bulbe, et qu'on l'arrache avec précaution, on entraîne toujours le conduit excréteur. Ce fait semblerait indiquer une connexion anatomique de la glande sébifique et du réservoir séminal, et, par conséquent, une communauté d'attributions physiologiques; mais abstenons-nous encore, jusqu'à nouvelle confirmation d'une semblable dépendance.

En voyant la couleur très-noire des œufs de notre Tipule, j'avais d'abord pensé qu'une partie de l'appareil en question pouvait bien être destinée à la produire; mais en voyant que ces œufs sont noirs dans le calice même et avant d'aborder l'oviducte, j'ai dû renoncer à cette idée assez séduisante.

Il me reste, pour terminer l'anatomie de la *T. oleracea*, à décrire la structure singulière de l'*oviscapte*.

Celui-ci, ou l'instrument propre à introduire les œufs dans un milieu résistant, est placé au-dessous des pièces dorsales du bout de l'abdomen contre lesquelles il est appliqué dans l'inaction, mais dont il peut s'éloigner dans l'exercice de ses fonctions. Il représente en petit celui des sauterelles. Il est essentiellement constitué par deux lames allongées, effilées, cornées, brunes, glabres, creusées en gouttière superficielle à leur face interne; leur base dilatée se fixe par des muscles nombreux et puissants au bout de l'abdomen. Réaumur (*l. c.* vol. V, p. 19) nous a fait connaître la manière dont les Tipules procèdent à la ponte de leurs œufs; j'ai été témoin de cette opération dans la *Xyphura* : elle enfonce presque tout l'abdomen dans le terreau et renouvelle fréquemment sur divers points cette insertion, en sorte qu'il est présumable qu'elle ne pond qu'un œuf à la fois.

Les ovaires ont la même forme générale, la même structure et

des œufs à terme pareillement noirs dans les *Pachyrhina*, *Ctenophora* et *Xyphura*; dans ces deux derniers genres, l'organe sécréteur de la glande sébifique se compose de trois orbicelles à centre brun. Les réservoirs séminaux ont dans la *Xyphura* un col plus long qui s'insère directement, et non au moyen d'un bulbe commun, à l'oviducte.

Les ovaires du *Ceroplatus* (*dispar*) sont allongés avec des gaînes ovigères uniloculaires, innombrables; le calice est central, le col fort court, l'oviducte aussi et bulbeux à son origine, les œufs sont sphériques et blancs, au moins dans les ovaires. Après une macération peu prolongée dans l'eau, ils ont pris une couleur noire, comme ceux des Tipulaires terricoles, ce qui me fait présumer qu'ils deviennent peut-être noirs après avoir été pondus. La glande sébifique diffère beaucoup des précédentes, les vésicules sécrétrices sont ovalaires, blanches, à parois épaisses et au nombre de deux seulement; leur col, plus court qu'elles, est brusquement capillaire, et chacun d'eux s'insère isolément; les réservoirs séminaux sont deux boyaux fusiformes presque aussi longs que les ovaires, et pellucides. L'*oviscapte*, qui repose sur la concavité du dernier segment ventral de l'abdomen, est formé de deux lames subtriangulaires aiguës, susceptibles de déduction, hérissées de quelques poils et articulées à l'échancrure d'une pièce basilaire; les *tentacules vulvaires* sont arrondis, subcoriacés, brièvement ciliés, d'une seule pièce. La brièveté de l'oviscapte me porte à croire que le céroplate doit déposer ses œufs, non dans l'intérieur de la terre, mais simplement dans les anfractuosités des bolets parasites qu'habite sa larve.

Les ovaires du *Macrocera* ont la forme de ceux du céroplate, mais les gaînes ovigères sont quadriloculaires, disposées sur deux rangées unilatérales, assez lâches, et les œufs, ovales-oblongs, sont blancs, même à terme; les vésicules sécrétrices de la glande sébifique ne sont qu'au nombre de deux, ovales, noires presque sessiles; il y a deux réservoirs séminaux oblongs, cylindroïdes, diaphanes.

Les gaînes ovigères dans le *Mycetophila amabilis* n'occupent que la paroi supérieure de l'ovaire, en sorte que le calice est inférieur; les vésicules de la glande sébifique sont doubles, sphéroïdales, diaphanes, longuement pédicellées, et il n'y a pour réservoir qu'un boyau allongé.

Les gaînes ovigères du *sciara* sont disposées comme dans le *Mycetophila*, elles sont uniloculaires et sur quatre rangées longitudinales. La glande sébifique semble se composer de deux paires de bourses ovales-oblongues, diaphanes, atténuées en arrière en un col capillaire de leur longueur; l'antérieure, du double plus petite, est l'organe sécréteur; la postérieure serait le réservoir séminal.

Les ovaires du *Psychoda* (*trifasciata*) sont grands, vu la taille de l'insecte, ovales, obtus, déprimés, garnis dans toute leur périphérie de gaînes ovigères uniloculaires, courtes et grosses, pressées en séries longitudinales; les œufs sont globuleux et blancs.

Les gaînes ovigères ont la même disposition dans le *Rhyphus* et le *Bibio*. La glande sébifique de ce dernier a trois orbicelles à centre noir longuement pédicellés.

FAMILLE DES TABANIENS.

Les taons, par leurs habitudes sanguinaires, se sont fait remarquer aux époques les plus reculées, et, au rapport de Latreille (*Cours d'entom.*), ce sont les *Myops* et les *Astros* d'Aristote, les *Tabani* et *Asili* de Pline. Ils offrent un trait singulier, sur la trace duquel nous avaient déjà mis les cousins. Non-seulement le mâle et la femelle ne partagent pas le même genre de vie, puisque ce dernier sexe est le seul qui blesse les animaux pour s'abreuver de leur sang, remarque déjà faite par de Géer (*Mém.* t. VI, p. 214), mais leur suçoir se compose d'un nombre différent de pièces, de sept dans la femelle et de cinq seulement dans le mâle; de plus, les palpes de ce dernier sont plus courts et redres-

sés, tandis que ceux de la femelle sont longs et couchés sur la trompe.

La position de la famille des Tabaniens à la suite des Tipulaires, malgré leur énorme dissemblance à l'état parfait, est aussi justifiée par la forme et le genre de vie de leurs larves; celles-ci, dans le *Tabanus*, sont hémicéphalées, cylindriques, à une seule paire de stigmates logée dans une caverne du bout postérieur du corps, et vivent dans la terre.

Les espèces qui ont servi à mes vivisections sont :

1. *Pangonia marginata*. F.
2. *Tabanus bovinus*. L.
3. ——— *morio*. Latr.
4. ——— *fulvus*. Meig.
5. *Tabanus tropicus*. L.
6. ——— *bromius*. L.
7. *Hæmatopota pluvialis*. Meig.
8. *Chrysops cæcutiens*. Meig.

Après les savantes recherches de M. Macquart sur les Pangonies (*Annal. de la soc. ent.* t. VI, p. 429, et *Dipt. exot.* t. I, p. 93) tant indigènes qu'exotiques, ce n'est pas sans hésitation que j'aborde ce sujet, lorsque surtout je n'ai à parler que d'une seule espèce déjà connue. On ne nous a encore rien appris sur leurs habitudes. J'ai étudié la *P. marginata*, soit en Espagne, soit dans le midi de la France; j'ai remarqué que cet insecte se plaisait sur les collines voisines des cours d'eau, ce qui me porte à croire que sa larve doit se trouver, comme celle des *Tabanus*, dans les terres humides du littoral. Dans les jours chauds de juin et de juillet, je l'ai souvent aperçu bourdonnant dans les airs, non avec le timbre aigu du bombyle, mais plutôt avec celui du taon; tantôt il demeure suspendu et presque immobile, comme le syrphe et le bombyle, tantôt il change brusquement de place, ou pour éviter un danger ou pour poursuivre sa femelle, tantôt, enfin, on le voit s'abattre et disparaître dans les buissons; d'autres fois, il se pose sur les fleurs, et sa trompe s'enfonce dans les corolles tubuleuses pour en sucer le nectar. J'ai trouvé un liquide sanguin dans le canal digestif d'une femelle.

Je crois rendre service à la science en exposant avec quelque

détail la structure de la trompe de la pangonie et en l'accompagnant de figures qui m'ont paru mieux répondre aux exigences actuelles que celles de Meigen[1]; le rapprochement de cette structure de celle du taon, en même temps qu'il confirme cette dernière, justifie de la contiguïté de ces deux genres dans la série entomologique.

La trompe de la *Pangonia*, comme celle du *Tabanus*, se compose de sept pièces dans la femelle, et de cinq seulement dans le mâle, savoir : un *fourreau* et un *suçoir* qui est l'assemblage de six ou quatre lames cornées.

Ce *fourreau* est noir, coriacé, souple, et s'ouvre par une fente dorsale longitudinale destinée à favoriser le jeu du suçoir; mais cette fente ne se continue pas jusqu'au bout du fourreau. Ce bout, qui a la forme d'un gland ovalaire, a une organisation spéciale; une ligne médiane, élargie en arrière, le partage en deux moitiés égales formant une bouche à deux lèvres. Une loupe très-attentive constate à celles-ci, sur l'insecte vivant, de légers mouvements vermiculaires, et le microscope y reconnaît des plissures transversales : c'est évidemment un organe destiné à palper et à presser. Il est séparé du corps du fourreau par une demi-articulation qui lui permet des mouvements propres de totalité. Le corps du fourreau, soumis au plus fort grossissement, offre une texture bien propre à expliquer sa souplesse; ce sont des séries transversales fort serrées de points opaques tégumentaires sur un fond submembraneux. Quand on comprime expulsivement ce fourreau par sa base, lorsqu'il renferme les lames du suçoir, on peut en provoquer à volonté, par la fente dorsale, l'issue et le développement. C'est dans ce dernier état que j'ai figuré le suçoir pour l'intelligence de sa composition.

Les six lames du suçoir sont toutes de même longueur et linéaires. D'après leurs attributions, on peut les diviser en deux *valves*, deux *lancettes*, une *langue* et un *hypoglosse*.

Les *valves* sont les deux lames externes du faisceau, qui tendent

[1] *Dipt. europ.* tab. 13, fig. 3, 4.

à presser entre elles, dans le repos, les autres pièces du suçoir; elles sont fort acérées, d'un brun foncé et marquées d'une nervure médiane. Je me suis bien assuré que chacune d'elles s'insère et adhère à la base interne du palpe, de manière que le mouvement de ce dernier peut se combiner avec celui de la valve. Latreille avait aussi remarqué cette insertion.

Les *lancettes*, situées au côté interne des valves, sont plus minces que celles-ci et d'une couleur plus claire, mais dépourvues de nervure médiane et à double tranchant; elles accompagnent la langue, qui est logée entre elles. Ces lancettes sont les lames qui manquent dans le suçoir des mâles, et elles jouent un rôle principal dans l'action de piquer ou d'inciser le derme des animaux.

La *langue*, plus fine et plus pâle que les autres lames, a une nervure médiane à peine sensible, qui s'efface avant sa pointe.

L'*hypoglosse*, situé à la partie inférieure et centrale du faisceau et d'un brun foncé, est creusé en dessus en gouttière, ou canaliculé, et terminé par une sorte de capuchon. Les bords de la gouttière ont une nervure, et celle-ci conflue avec sa congénère pour border l'entrée du capuchon; le fond ou la cavité de la gouttière a quatre nervures, dont les deux intermédiaires, un peu plus saillantes et conniventes à leur extrémité, semblent plus particulièrement destinées à servir de coulisse ou de sonde cannelée à la langue, tandis que les latérales, facilitant le jeu des lancettes, se continuent avec la marginale du capuchon.

Le mécanisme de la succion est des plus simples. Le fourreau, qui répond à la *coulisse charnue* de Réaumur, en même temps qu'il sert de régulateur et de point d'appui aux lames du suçoir, s'oppose aussi à l'extravasation du liquide alimentaire. Ce sont évidemment les lancettes qui dardent la peau, qui l'incisent plus ou moins profondément; aussi manquent-elles dans le mâle, et ce trait négatif eût seul suffi pour nous faire penser que ce sexe ne pouvait pas être sanguinaire. Les lancettes sont aidées dans leur fonction par la pression des valves, qui, elles-mêmes, sont

soumises à l'action des palpes; la langue s'insinue alors comme un instrument piquant dans la blessure, elle aspire le sang, qui glisse dans les rainures et entre les lames pour gagner le pharinx. Observez bien que la texture érectile du bout bilabié du fourreau lui permet de faire l'office d'une ventouse. Quelle admirable organisation!

CHAPITRE PREMIER.

APPAREIL DIGESTIF.

Je ne connais, sur la splanchnologie des Tabaniens, que la description du canal alimentaire du *T. tropicus*, par Ramdohr[1], et celle que j'en ai donnée, il y a plusieurs années, dans le *T. bovinus*[2].

L'étude comparative des *contenta* du canal digestif des deux sexes de plusieurs espèces de Tabaniens m'a mis à même, d'une part, de m'assurer que jamais les mâles n'avaient sucé du sang, et de l'autre, de confirmer le fait énoncé par Réaumur (*l. c.* t. IV, p. 230), que des taons femelles, conservés dans des poudriers, s'accommodaient d'un aliment sucré. J'ai effectivement rencontré, dans mes vivisections, des individus de ce dernier sexe, où l'estomac renfermait un liquide qui n'était pas du sang, quoique je les eusse pris suçant des animaux. J'en avais conclu que les taons pouvaient bien parfois ne sucer que les liquides incolores de la peau ou la lymphe, comme je l'ai déjà dit en parlant des cousins, et j'expliquais l'effet de leur piqûre par celui d'un vésicant ou d'une brûlure qui déterminent sur notre peau des ampoules de sérosité ou des phlictènes. De ces faits et d'autres observations, j'ai tiré cette double conséquence, 1° que les femelles des Tabaniens peuvent se nourrir, tantôt de sang, tantôt d'un aliment liquide incolore; 2° que les mâles ne sucent jamais le sang des animaux, que leur bouche est, anatomiquement parlant, inhabile

[1] Ouvr. cit. p. 181, tab. 21, fig. 1, 2.
[2] *Journ. de phys.* Mai 1820.

à percer, à inciser des téguments, et qu'ils s'alimentent souvent du pollen des fleurs. Cette induction est aussi applicable aux *Pangonia*, même aux espèces à très-longue trompe, puisque, je le répète à dessein, j'ai constaté du sang dans l'estomac de la femelle de la *P. marginata*.

Les *glandes salivaires* des Tabaniens sont grêles, liliformes, reployées dans le *T. bovinus* en une agglomération assez lâche, moins longues et presque droites dans le *T. tropicus* et le *T. fulvus*, courbées en hameçon dans le *T. bromius*, beaucoup plus courtes et atteignant à peine la base de l'abdomen dans l'*Hæmatopota*, presque aussi courtes et terminées par un léger renflement oblong dans le *Chrysops*. Celles de la *Pangonia* présentent cela de particulier, que le boyau sécréteur forme dans l'abdomen une agglomération comme dans le *T. bovinus*, tandis que le col, bien plus long que dans ce dernier, traverse tout le corselet avec un diamètre capillaire.

Le *tube alimentaire* a deux fois environ la longueur de l'insecte, comme dans les derniers genres des Tipulaires. L'*œsophage* n'est un peu renflé ou turbiné que dans la *Pangonia;* le réservoir de la *panse* est bilobé; le *ventricule chylifique* débute par deux bourses conoïdes, terminées par un fin ligament, granuleuses comme la portion thoracique de l'organe. Les granulations de celui-ci sont arrondies, souvent disposées en séries longitudinales, et s'effacent en arrière dans le *T. bovinus*, tandis qu'elles se continuent jusqu'à l'abdomen dans le *T. tropicus*. En entrant dans la cavité abdominale, le ventricule offre un renflement sphéroïdal, conoïde ou allongé, suivant quelques circonstances digestives. On observe à ce renflement quelques papilles subglobuleuses isolées et clair-semées qui n'existent ni dans l'*Hæmatopota* ni dans la *Pangonia*.

Les *vaisseaux hépatiques* s'implantent par quatre insertions isolées et se terminent par autant de bouts flottants : je ne les ai trouvés variqueux que dans l'*Hæmatopota* et le *Chrysops*. Ordinairement blancs dans le *T. bovinus*, ils passent aussi au jaune vif, suivant le degré d'élaboration de la bile : ceux de l'*Hæmatopota* sont violacés.

L'*intestin* commence par une dilatation qui égale celle du ventricule, puis il devient filiforme, fait une circonvolution et se termine par un *rectum* ovalo-conoïde, relevé par quatre ou cinq boutons charnus orbiculaires et subombiliqués en dehors, mais conoïdes dans l'épaisseur de l'organe.

CHAPITRE II.

APPAREIL GÉNITAL.

ARTICLE Ier.

APPAREIL GÉNITAL MÂLE.

Les *testicules* du *T. ater* sont conico-ovoïdes ou pyriformes, suivant leur degré de turgescence; les *conduits déférents* sont plus longs qu'eux, capillaires et flexueux; les *vésicules séminales*, plus ou moins sphéroïdales et contiguës, reçoivent les conduits précédents à leur bout antérieur et s'atténuent en arrière en un col fort court; le *canal éjaculateur*, moins long que les conduits déférents, est grêle et à peu près droit.

Tous ces organes ont la même configuration, la même structure dans le *T. fulvus*. Le testicule de la *Pangonia* est sphéroïdal, mais le conduit déférent est celui des *T. tabanus*. Quant aux vésicules séminales, elles m'ont paru faire défaut. Les conduits déférents s'insèrent au-dessous de la dilatation en crosse du canal éjaculateur; cette dilatation, qui remplace les deux vésicules séminales du *T. tabanus* serait-elle divisée en deux? Je ne le pense pas, car cette dissection est très-facile.

L'*armure copulatrice* du *Tater* est, dans le repos, presque entièrement cachée sous le bout de l'abdomen. Le *forceps*, grand, robuste et corné, a ses branches cylindrico-conoïdes, brunes, glabres, terminées par un crochet grêle, presque droit, fléchi et appliqué contre elles quand il ne fonctionne pas, et dont l'extrémité a deux pointes divergentes : l'une aiguë, l'autre obtuse.

Entre ces branches, on voit saillir, et souvent les dépasser, une paire de pièces contiguës biarticulées, coriacées, noirâtres. L'article basilaire est subquadrilatère et glabre, tandis que le terminal est en forme de raquette ovale-arrondie et velue; quand on arrache cette pièce sur l'animal frais, on trouve qu'à l'article basilaire s'implante une sorte de tige cornée grêle, qui se porte obliquement vers la racine du forceps. Le *fourreau de la verge* est lancéolé, coriacéo-membraneux, avec la pointe un peu échancrée sur un côté.

L'armure copulatrice de la *Pangonia* a un forceps en fer à cheval, corné, d'un roux ambré, à bouts obliquement tronqués, armés chacun de deux crochets qui font la pince, soit entre eux, soit avec ceux du côté opposé, comme les chélifères des Crustacés. Je n'ai aperçu entre ces branches rien qui soit analogue aux pièces biarticulées du *T. tabanus*. Le fourreau de la verge a deux baguettes écartées à leur base et confluentes à leur extrémité.

ARTICLE II.

APPAREIL GÉNITAL FEMELLE.

Les *ovaires* des Tabaniens (*T. bovinus*) ont la même organisation générale que ceux des Tipulaires. Ils sont formés par deux grappes ovoïdes d'innombrables *gaînes ovigères* oblongues, subbiloculaires, blanchâtres, très-serrées, garnissant toute leur périphérie et souvent rangées en séries longitudinales; ils sont renfermés chacun dans une enveloppe hyaline et se terminent par un ligament propre, puis par un ligament suspenseur commun fixé, comme à l'ordinaire, dans le thorax. Le *calice* est central, le *col* très-court, l'*oviducte* aussi; les *œufs* à terme sont oblongs ou allongés.

La *glande sébifique* a pour organe *sécréteur* trois orbicelles spatulés, noirs au centre, à conduits *efférents* capillaires longs, courbés en anse, de manière que les orbicelles regardent en arrière et sont insérés isolément à l'origine de l'oviducte, quoique rap-

prochés; ils offrent au microscope un vaisseau inclus, mais non strié. Les *réservoirs séminaux* sont deux boyaux filiformes implantés à côté des conduits efférents; ils renferment une humeur blanche.

Les *T. tabanus* n'ont pas d'*oviscapte* proprement dit. Par une compression expulsive sur l'abdomen du *T. bovinus*, on procure d'abord l'exsertion d'un segment noir et échancré; on voit ensuite le vagin plus ou moins renversé, dont l'orifice est flanqué de deux *tentacules vulvaires* biarticulés, coriacés, pâles et duvetés. L'article terminal est ovale, très-obtus. L'absence d'un oviscapte saillant prouve que les taons n'enfoncent pas leurs œufs dans un milieu résistant, mais les déposent simplement dans la terre molle ou dans la boue où vivent leurs larves.

Les ovaires et leurs annexes sont, dans la *Pangonia*, fort approchants de ceux du *T. tabanus;* la couleur est d'un vert pistache fort remarquable, et les gaînes ovigères ne sont qu'uniloculaires; quant à la glande sébifique, elle n'en diffère qu'en ce que les orbicelles ont des conduits beaucoup plus courts et droits, tandis que les réservoirs sont plus longs et courbés sur eux-mêmes.

FAMILLE DES STRATIOMYDES.

Son caractère anatomique le plus distinctif est l'existence d'un seul canal cholédoque pour les quatre vaisseaux hépatiques.

J'ai disséqué les espèces suivantes :

1. *Subula marginata.* Macq.
2. *Beris vallata.* Meig.
3. *Strat. chamæleon.* F.
4. —— *strigata.* F.
5. *Ephip. thoracicum.* Latr.
6. *Odontomyia tigrina.* T.
7. *Odontomyia furcata.* Latr.
8. *Sargus cuprarius.* T.
9. *Chrysomyia formosa.* Macq.
10. ———— *polita.* Macq.
11. *Vappoater.* Latr.
12. ———— *pallipennis.* Macq.

CHAPITRE PREMIER.

APPAREIL DIGESTIF.

Nous sommes encore peu fixés sur l'espèce de nourriture que prennent ces Diptères. J'ai souvent trouvé le *Str. strigata* et les *Chrysomyia* sur les fleurs ombellifères, occupés à en éplucher les étamines. D'autres genres semblent vivre des sucs impalpables des feuilles, à la face inférieure desquelles ils ont l'habitude de stationner.

Les *glandes salivaires*, que je n'ai pas su découvrir dans les *Subula* et *Beris*, où je les suppose, sont en général moins développées que dans la plupart des autres familles, parfois comme rudimentaires et ne dépassant pas le thorax; elles sont filiformes dans l'*Ephippium* et les *Sargus*, oblongues, cylindroïdes dans les *Stratiomys*, les *Odontomyia*, courtes et ovoïdes dans les *Vappo*.

Le *tube alimentaire* a dans le plus grand nombre près de deux fois la longueur de l'insecte, trois fois dans les *Sargus* et *Vappo*. La *panse* a un réservoir ovoïde dans le *Beris*, bilobé dans les autres. Le *ventricule chylifique* débute par deux bourses généralement assez courtes, mais plus allongées dans les *Stratiomys* et *Odontomyia*. En entrant dans la cavité abdominale, il se renfle, puis s'atténue de nouveau; il est le plus souvent droit ou à peine flexueux. Celui du *Sargus* fait une circonvolution sur lui-même.

Les *vaisseaux hépatiques* avaient jusqu'ici quatre insertions ventriculaires isolées; mais dans les Stratiomydes ils confluent tous ensemble en un tronc commun, un seul *canal cholédoque*, très-court dans les *Subula* et *Beris*, plus long et plus gros dans le *S. chamæleon* et les *Odontomyia*, d'une longueur moyenne dans les autres. Ils sont proportionnellement moins longs que dans les Tabaniens et les Tipulaires, plus ou moins bousouflés, excepté vers leur insertion, diaphanes ou remplis d'une bile d'un blanc amylacé, comme dans les *Stratiomys* et *Sargus*. Il n'est pas rare que deux

de ces vaisseaux, les antérieurs, soient sensiblement plus gros: l'*Ephippium* et le *Chrysomyia* en fournissent des exemples. Ceux du *Sargus* présentent cela de particulier, qu'ils sont bien moins longs que dans les autres Stratiomydes, mais tous quatre égaux et variqueux, excepté vers leur insertion. Dans les deux *Vappo*, ils offrent un trait fort singulier, qu'on peut regarder comme générique : les deux vaisseaux postérieurs sont extrêmement courts, rudimentaires, tandis que les antérieurs sont longs, plus gros et d'un blanc mat, excepté dans leur tiers terminal, où ils sont brusquement plus fins et diaphanes.

L'*intestin* se renfle d'abord plus ou moins, et devient ensuite filiforme et flexueux. Le *rectum* a dans l'*Ephippium* une série circulaire de six boutons charnus oblongs et jaunâtres, de quatre dans le *Sargus*. Celui du *Vappo*, presque pyramidal et brusquement échancré à sa base, offre en dessus une ligne médiane enfoncée et n'a pas de boutons charnus apparents.

CHAPITRE II.

APPAREIL GÉNITAL.

ARTICLE Ier.

APPAREIL GÉNITAL MÂLE.

Les *testicules* sont ovoïdes dans les *Subula*, *Beris*, *Sargus*, *Chrysomyia*; allongés, cylindroïdes et courbés en hameçon dans l'*Ephippium*, l'*Odontomyia tigrina*; filiformes dans l'*Odontomyia furcata*; en longue massue, plus ou moins fléchie, dans le *S. strigata*; gros et pyriformes dans le *S. chamæleon*, sphéroïdes dans le *Vappo*. Les *conduits déférents* sont tellement agglomérés dans le *Beris* que ses testicules paraissent sessiles. Ce n'est que par la macération qu'on parvient à les dérouler et à mettre en évidence leur ténuité capillaire et leur longueur, qui égale deux fois au moins celle du testicule. Ceux de l'*Ephippium* sont, au contraire, du double plus

courts que cet organe, capillaires et insérés à nu sur la vésicule séminale, à une distance assez grande de l'origine du canal éjaculateur, tandis que, dans les autres Stratiomydes, cette insertion a lieu immédiatement avant cette origine. Ces conduits ont au moins la longueur du testicule dans le *Strigata* et bien davantage dans le *Chamæleon*. Ceux du *Sargus*, tout aussi longs, ont une teinte jaune; ils sont moins longs et un peu bulbeux à leur origine dans le *Chrysomyia* et le *Vappo*. Dans les *Odontomyia* les conduits déférents, aussi longs, aussi capillaires que dans le *Beris*, présentent une disposition toute particulière, dont je n'ai pas encore constaté d'autre exemple dans les Diptères : ils sont enroulés ensemble en une agglomération globuleuse et centrale, d'un jaune tomate dans le *O. tigrina*, d'un jaune plus pur dans le *O. furcata*, couleurs qui ne sont, comme dans beaucoup de testicules, qu'extérieures et dépendantes d'une tunique subadipeuse. Cette pelote est un véritable *épididyme*, qui a cette particularité de constituer une masse commune. Je suis parvenu à isoler les deux conduits et à mettre en évidence leurs insertions aux vésicules séminales correspondantes. Il ne faut pas confondre cette agglomération des conduits déférents avec celle des véritables testicules, qui s'observe dans quelques Asiliques, ni avec celle des vésicules séminales, dont les Bombyliers offrent des exemples.

Les *vésicules séminales*, au nombre de deux, sont en général filiformes, flexueuses ou reployées, de médiocre longueur dans les *Beris*, *Sargus*, *Chrysomyia;* celles des *Ephippium*, *Stratiomys*, *Odontomyia* et *Vappo* sont très-longues et entrelacées.

Le *canal éjaculateur* est grêle, fort long et flexueux dans le *Subula*, médiocre dans le *Beris* et les *Odontomyia*, plus court dans l'*Ephippium*, assez long et atténué en arrière dans le *Strigata*, court et bulbeux à son origine dans le *Chamæleon*, très-court dans le *Sargus*, assez long et capillaire dans le *Vappo*.

L'*armure copulatrice* du *Beris*, considérée par sa région dorsale, met en évidence : 1° un demi-segment tégumentaire noirâtre, à peine échancré sur les côtés; 2° une lame presque carrée, glabre

d'un blond clair, légèrement échancrée en arrière avec les angles postérieurs obtus; 3° deux appendices ovalaires planes, noirs, velus, d'un seul article, insérés à ces angles; 4° une lame subtriangulaire pâle, à peine villeuse, apparaissant à l'échancrure de la lame carrée; 5° de chaque côté, à la base de celle-ci et en dessous un fort crochet corné, arqué, pâle, velu, formant les branches du *forceps*. Vue par sa région ventrale, cette armure présente une large pièce basilaire cornée, aux angles postérieurs de laquelle s'articulent les branches du forceps, et qui est armée au côté interne d'une dent aiguë. Le *fourreau* de la verge est formé de deux baguettes linéaires brunes, terminées chacune par une pointe allongée pâle; ce fourreau est bordé par une lame coriacée pâle, qui se continue jusqu'à l'endroit où le canal éjaculateur pénètre dans l'armure.

Celle-ci, dans le *Strigata*, rappelle par sa composition celle des Hyménoptères : la pièce basilaire est en écusson convexe et arrondi; les branches du *forceps*, oblongues, grosses et comme sinueuses, sont presque bifurquées à leur extrémité; la dent la plus interne est aiguë, et l'autre obtuse; le *fourreau* de la verge, d'un brun pâle, est formé de deux baguettes adossées, terminées par un bouton ovalaire. De dessous une lame sous-jacente au fourreau, on voit saillir deux soies roides roussâtres et la pointe obtuse des branches du forceps est débordée au côté externe par une pièce oblongue coriacée, velue en dehors, voilà ce qu'on aperçoit à la région dorsale. A l'opposé, on voit une sorte de *volselle* formée de deux branches obtuses brunes, à l'extrémité desquelles s'insère la pièce oblongue que j'ai dit déborder le bout du forceps; à la base de la volselle se trouve enclavée une autre petite volselle. En dessous, le fourreau de la verge se termine par un corps ovoïde pointu, ambré, enchâssé en arrière dans une pièce qui se prolonge de chaque côté en un stylet sétiforme.

L'armure copulatrice du *Sargus*, fort petite et presque quadrilatère, est noirâtre et cornéo-coriacée; le *forceps* est court, terminé par un crochet velu en dehors, et garni en dedans de

quatre ou cinq soies roides; entre les branches du forceps, il y a une lame cornée échancrée. Le fourreau de la verge sort de dessous l'échancrure de cette lame; en renversant l'armure on aperçoit deux appendices allongés, velus, fixés à la base d'une pièce subtriangulaire.

ARTICLE II.

APPAREIL GENITAL FEMELLE.

Les *ovaires*, ovales ou oblongs, sont, à proprement parler, des épis composés de *gaînes ovigères* sessiles, innombrables, ovales ou globuleuses, uniloculaires dans l'*Ephippium*, les *Odontomyia*, le *Sargus*, biloculaires dans le *Beris*, à trois ou quatre loculs dans le *Tappo*. Le *calice* est central, le *col* bien marqué, ainsi que l'*oviducte;* les *œufs* sont en général oblongs, atténués à un bout, subglobuleux dans les *Odontomyia*.

La *glande sébifique* du *Beris* et de l'*Odontomyia* (*tigrina*) a trois orbicelles ovalaires à centre noir, contigus sur une même ligne, avec des conduits efférents capillaires, parfois fléchis tous trois au même point, et plus ou moins renflés avant leur insertion.

Les *réservoirs séminaux* sont filiformes, blancs; dans le *Beris*, ils m'ont paru confluents en arrière en un seul tronc fort court; les *tentacules vulvaires* sont biarticulés, velus.

Cette glande est très-différente dans l'*Ephippium;* l'organe sécréteur est ici représenté par deux corps de forme et de structure insolites : l'un est un globe diaphane, d'une consistance comme calleuse, muni d'un conduit efférent assez court; l'autre est une grande anse épaisse, subcalleuse, ayant un vaisseau inclus blanc, et offrant avant son insertion à la paroi supérieure de l'oviducte, une espèce de bulbe de couleur jaunâtre, et d'une texture particulière. Par le bout opposé, elle dégénère en un vaisseau capillaire dont je n'ai pas bien vu la terminaison, et qui parfois m'a paru s'implanter au point même d'insertion de l'anse. Les *réser-*

voirs séminaux sont deux vaisseaux fort longs, blancs, très-fins, fragiles, entremêlés, ayant trois ou quatre fois la longueur de l'insecte; l'*oviscapte* se compose de trois tuyaux engaînés, légèrement velus, et se termine par deux *tentacules vulvaires* biarticulés, velus.

La glande sébifique du *Sargus* va nous présenter un de ces types de transition intéressants à constater : l'organe sécréteur est un paquet de trois longs filets tubuleux, simples, ployés d'avant en arrière et lâchement entrelacés. Les réservoirs séminaux sont deux boyaux simples, grêles comme un fil.

Dans le *Chrysomyia*, ces trois filets sont terminés par une vésicule oblongue.

La même glande se compose, dans le *Vappo pallipennis*, de trois vaisseaux sécréteurs simples, remarquables par une grosse vésicule ovale-globuleuse terminale, diaphane; au centre de celle-ci on découvre, comme une sorte de caroncule, un tout petit filet tubuleux terminé par un capitule. Les réservoirs sont aussi deux longs vaisseaux simples, d'une ténuité capillaire. L'oviscapte peut s'allonger au point de surpasser en longueur celle de son abdomen; il se compose de trois tuyaux grisâtres à peu près égaux, et de deux autres plus pâles et d'une consistance molle: cette longueur et cette structure de l'oviscapte nous annoncent d'avance que les *Vappo* doivent enfoncer leurs œufs très-profondément dans une substance peu résistante : on sait, en effet, que les larves de ces Diptères vivent dans le bois pourri et décomposé.

FAMILLE DES ASILIQUES.

Les Asiliques, tels que les comprenait Latreille, au beau temps de son *Genera*, constituent une des familles les plus naturelles, les plus légitimes de l'ordre, et ce même auteur a violé ses propres principes en composant son étrange famille des Tanystomes avec des groupes si disparates; il suffit de nommer l'*Asilus* et le

Bombylius, pour prouver combien ils sont peu faits pour fraterniser.

Ils comptent dans leurs rangs les Diptères les plus grands, les plus robustes, et en même temps les plus intrépides; ils sont chasseurs de profession : on les voit, au plus fort de l'été, se tenir en embuscade sur les chemins, les tertres, les troncs d'arbres, se placer en arrêt comme un chien couchant, s'élancer sur leur proie et l'emporter dans les airs, quoiqu'elle ait souvent plus de volume qu'eux; leurs pattes, armées de nombreux piquants, leur servent admirablement pour saisir et retenir les insectes.

Voici les espèces dont j'ai fait l'autopsie :

1. *Laphria fulva*. Meig.
2. *Dasypogon teutonus*. F.
3. ——— *punctatus*. T.
4. *Dioctria nigritarsis*. Nob.
5. *Asilus crabroniformis*. T.
6. —— *senex*. Meig.

CHAPITRE PREMIER.

APPAREIL DIGESTIF.

Les Asiliques sont insectivores, mais ils ne se bornent pas à sucer leur proie, ils la déchirent, ils la broient pour s'en nourrir.

Les *glandes salivaires* sont aussi peu développées dans les Asiliques que dans les Stratiomydes, et leur longueur atteint à peine le milieu du thorax : ce sont deux boyaux plus ou moins flexueux, gros et bulbeux à leur origine dans l'*A. crabroniformis*, très-renflés à leur bout libre dans la *Laphria*, en massue allongée dans la *Dioctria*, entièrement filiformes dans le *Dasypogon*. Il n'est pas rare qu'un fin ligament inséré à leur extrémité les fixe à l'origine du ventricule chylifique; leur col a une teinte roussâtre constante; dans certaines conditions physiologiques, la forme normale de la glande est tellement changée par la supersécrétion de la salive, que cet organe est méconnaissable : c'est ainsi que dans deux

dissections du *Crabroniformis* j'ai rencontré, au lieu d'un boyau allongé, une poche tout à fait pyriforme.

Le *tube alimentaire* est bien plus long que celui des familles précédentes, car il a de trois à cinq fois la longueur de l'insecte; sa texture est généralement délicate et fragile. L'*œsophage* a constamment, comme le col salivaire, une teinte roussâtre qui ne tient pas aux *contenta*. J'ai constaté dans le *Crabroniformis* une forme et une structure particulières de ce conduit. Peu après sa sortie du suçoir, il présente une contracture légère, mais constante, qui semble destinée à retenir momentanément l'aliment, peut-être pour la déglutition; à son insertion au ventricule, il s'implante au centre d'un disque orbiculaire qui est inférieur, de manière à être invisible au-dessus. Cette espèce de bulbe aplati, dont la figure donne une juste idée, a la texture du ventricule et non celle de l'œsophage. La tunique interne de ce dernier est d'un roux pâle, d'une consistance un peu élastique, d'un tissu fibreux où la lentille microscopique décèle des stries transversales d'une extrême finesse, très-serrées, mais non régulièrement continues, comme, par exemple, celles en spirale des trachées; ces stries sont parfois interrompues. La tunique externe est blanchâtre, contractile, et ses lambeaux, à un fort grossissement, ont des plissures transversales qui ne sont peut-être que l'empreinte des stries annulaires dont il vient d'être fait mention.

Je suis très-porté à croire que cette organisation de l'œsophage est commune à tous les Asiliques; il est vraisemblable, vu la contracture antérieure et le mode d'insertion postérieure, que l'aliment doit y séjourner et y subir, avant de passer dans le ventricule, une espèce de trituration. Cet organe, que je n'ai rencontré dans aucun autre Diptère, serait *jabot* par sa position, *gésier* par sa texture.

J'ai longtemps cru que les Asiliques étaient tous dépourvus de *panse*, et ce trait négatif avait lieu de m'étonner dans des insectes d'aussi grande taille et si vigoureusement constitués. Je la découvris enfin, en 1837, dans les deux espèces de *Dasypogon*,

mais ayant depuis lors dirigé scrupuleusement et à de nombreuses reprises mes investigations anatomiques vers ce seul but dans le *Crabroniformis*, qui est un géant parmi nos espèces indigènes, je n'ai jamais pu y en apercevoir le moindre vestige, non plus que dans le *Senex* et le *Laphria*. Cet organe aurait-il échappé à ces mêmes yeux qui l'ont si positivement démêlé dans les entrailles du frêle cousin et de la minime psychode? C'est au moins douteux. Mais, est-ce donc la première fois que l'on voit la nature ne pas s'astreindre à nos systèmes, ne pas souscrire à nos idées législatives? Ne peut-elle pas, dans une série d'êtres où il y a conformité d'habitudes, de traits extérieurs et même de structure intérieure, supprimer un organe sans compromettre l'existence? Que d'exemples n'en trouvons-nous pas dans l'immensité de l'échelle zoologique! Tout bien considéré, je m'inclinerais volontiers à croire à l'absence réelle de la panse dans les *Asilus*, et il se pourrait que cette structure singulière de l'œsophage signalée plus haut fût un trait anatomique propre à ce genre et peut-être une compensation du défaut de la panse. Remarquons encore, à l'appui de l'exclusion de cet organe dans les *Asilus*, que dans les *Dasypogon*, où son existence ne saurait être révoquée en doute, il est, à raison de son peu de développement et de sa fragile texture, en quelque sorte rudimentaire. La panse y est placée tout à fait au-dessous du canal digestif, sur la couche épiploïque intermédiaire à ce dernier et au chapelet ganglionnaire; son réservoir est une poche très-simple, peu expansible, oblongue dans le *D. teutonus*, ovoïde dans le *D. punctatus*.

Le *ventricule chylifique* est ou profondément échancré et bilobé, comme dans les *Asilus*, ou à lobes prolongés en véritables *bourses ventriculaires*, ainsi qu'on le voit dans les *Laphria*, *Dioctria*, *Dasypogon*; l'extrémité de ces bourses a souvent un fin ligament suspenseur qui se fixe dans la tête. A son entrée dans l'abdomen, le ventricule offre une dilatation de forme et de grandeur variables, marquée de bandelettes transversales; enfin, il s'atténue en un très-long boyau filiforme récurrent, c'est-à-dire rebroussant en

avant sous la dilatation ventriculaire pour retourner en arrière : ce boyau, habituellement vide, offre une certaine analogie avec le *jejunum* des vertébrés.

Les *vaisseaux hépatiques*, à bouts flottants et à insertions isolées, ont sept à huit fois la longueur du corps et une couleur qui varie depuis le jaune et le brun jusqu'au rouge briqueté et au diaphane. Les insertions dans le *Laphria* sont rapprochées par paires, sans être confluentes.

L'*intestin* est d'abord filiforme, puis se dilate en un *rectum* oblong ayant quatre boutons charnus, orbiculaires dans le *Crabroniformis* et le *Laphria*, cinq dans le *Senex* et les *Dasypogon*.

Appendice. — Les larves des Asiles (que je ferai connaître dans un mémoire particulier) ont un canal digestif proportionnellement bien moins long que celui de l'insecte ailé, puisqu'il ne dépasse pas la longueur du corps. Les glandes salivaires sont deux boyaux allongés assez gros; il n'y a ni panse ni bourses ventriculaires.

CHAPITRE II.

APPAREIL GÉNITAL.

ARTICLE Ier.

APPAREIL GÉNITAL MÂLE.

Dans leur situation normale, les diverses parties constitutives de cet appareil sont entassées pêle-mêle au bout de l'abdomen et semblent ne former qu'une seule masse informe; mais avec cette dose de patience qui ne doit jamais abandonner les microtomistes, on parvient à les isoler, ainsi que les représentent mes figures.

Dans les *Asilus* et le *Das. teutonus*, les *testicules* consistent chacun dans un enroulement oblong des replis spiraux d'un seul vaisseau spermifique filiforme, brun ferrugineux, dont le bout libre est plus ou moins renflé en massue. Ce vaisseau, déroulé, a

près de deux fois la longueur de l'insecte, et ses replis sont maintenus en tire-bouchon par de nombreuses trachéoles.

Les testicules de la *Laphria* ne ressemblent pas du tout, en apparence, à ceux des *Asilus;* mais quand on pénètre leur structure intime, on leur trouve une admirable conformité. Un véritable *scrotum*, parfaitement analogue à ceux que j'ai fait connaître dans beaucoup d'Hyménoptères[1], enveloppe et cache complétement les deux testicules; ce scrotum, arrondi ou parfois obtusément quadrilatère, a une teinte rouillée ou fauve, et est formé par une fine tunique adipo-membraneuse. Si l'on y fait bien attention, on y verra une ligne médiane longitudinale déprimée, un indice d'une division en deux parties égales, une sorte de *raphé* qui annonce l'existence sous-jacente des deux testicules. Quand on affranchit ceux-ci de leur tunique scrotale, on voit que chacun d'eux est formé, comme dans les *Asilus*, par les replis spiroïdes d'un seul vaisseau séminifique, dont la longueur égale environ celle de l'insecte, et qui est blanchâtre.

Le *conduit déférent*, dans les divers Asiliques, n'est que la continuation à peine atténuée et décolorée du vaisseau séminifique.

Il n'y a qu'une paire de *vésicules séminales*, capillaires, diversement reployées, entortillées en une agglomération aplatie dans les *Asilus*, où, déroulées, elles ont cinq ou six fois la longueur de l'insecte; moins fines et à peine de la longueur du corps dans les *Laphria* et les *Dasypogon*.

Le *canal éjaculateur* est, dans les *Asilus*, long, filiforme, plus gros que les vésicules séminales, comparativement beaucoup plus court dans les *Laphria* et les *Dasypogon*.

L'*armure copulatrice* du *Crabroniformis* est habituellement apparente au bout de l'abdomen; vue par sa face dorsale, elle semble consister seulement en un *forceps* robuste, oblong, corné, châtain clair, un peu velu, dont les branches sinueuses se terminent en pointe mousse creusée en cuilleron, et font la tenaille entre elles;

[1] *Rech. anat. sur les Orth. Hymén. Névropt.* (Mémoires de l'Institut; 1811.)

vers sa base, se voit une pièce subquadrilatère velue, noire sur les côtés, pâle au centre, ayant en dessous un panneau semi-coriacé velu. C'est entre celui-ci et la pièce subquadrilatère que je suppose l'anus. Envisagée par sa face ventrale, elle offre, indépendamment des branches du forceps : 1° une pièce *basilaire* brune, semi-lunaire, concave en arrière; 2° une *volselle* de deux pièces triangulaires velues à leur base, et à une arête interne; 3° le *fourreau de la verge*, formé par deux baguettes allongées et adossées; 4° une lame noire sortant de l'extrémité du fourreau et terminée par un trident.

L'*armure copulatrice* de la *Laphria* est noire, luisante, saillante au bout de l'abdomen, même dans l'insecte mort et desséché; lorsque les pièces qui entrent dans sa composition sont fermées, sa configuration générale est ovale-subconoïde. Comme elle est d'une structure fort compliquée, on risquerait de mal saisir et le nombre et les connexions des pièces constitutives, si l'on ne soumettait pas cette armure à une macération préalable qui tend à les désunir un peu. C'est après une semblable préparation que je l'ai décrite et figurée.

Le *forceps* forme la partie dorsale de l'armure : ses branches sont oblongues, robustes, glabres, presque droites, à extrémité tronquée un peu relevée; une articulation linéaire les unit à une pièce basilaire qui semble faire corps avec elles. C'est à la faveur de cette articulation que les branches du forceps peuvent exercer, durant l'acte copulatif, les divers mouvements de préhension; à la base interne de ces branches s'implante un pinceau arqué de quatre ou cinq soies longues et roides, couchées dans le repos de l'organe.

Les pièces *basilaires*, dont je viens tout à l'heure d'indiquer les connexions avec le forceps, sont presque carrées, bordées de poils assez longs, échancrées en avant en demi-cercle : une sorte de coin carré enclavé entre leurs bases les unit l'une à l'autre.

La *volselle*, placée en arrière de ce coin carré, se compose de deux pièces brunes ovalaires et d'un *harpon* intermédiaire pareil-

lement brun, formé par l'adossement de deux baguettes; l'une de celles-ci se termine par une dilatation carrée un peu crochue en dessous, le bout de l'autre est un hameçon acéré avec une petite dent aiguë à sa base interne.

A la partie inférieure de l'armure se voit une pièce *réceptaculaire* noire, ovale, velue, bombée en dessous, concave en-dessus, pour loger le fourreau, arrondie en avant, échancrée en arrière avec les angles de cette échancrure prolongés en un faisceau de quatre ou cinq soies roides arquées; entre ces faisceaux est une plaque transversale noirâtre, cambrée, au bord postérieur de laquelle s'insèrent deux appendices spatulés, noirâtres, velus.

Le véritable *fourreau de la verge* est caché dans l'excavation de la pièce réceptaculaire; il est gros, comme bulbeux, brusquement atténué en arrière, formé de plusieurs pièces étroitement unies et terminé par une double pointe acérée, sinuée. Qui nous révélera la part respective de la multitude de ressorts de cette ingénieuse machine copulative lorsqu'elle est appelée à fonctionner?

L'armure du *D. teutonus* est loin de ressembler ni pour sa forme, ni pour sa composition, à celle du *Laphria :* vue par-dessus, elle paraît arrondie, petite et composée de trois compartiments ou panneaux principaux ovalaires convexes, hérissés de poils; l'intermédiaire est moins grand et presque triangulaire. Chacun des latéraux émet en arrière un crochet noirâtre à deux branches divergentes ou opposées entre lesquelles est une petite saillie articulée; de ces branches, l'une, externe, est pointue, arquée; l'autre, interne, obtuse, droite. Entre ces crochets, qui forment la pince et font l'office de *forceps,* se voient deux pointes crochues destinées à combiner avec les crochets précédents leur action préhensive et comparables à la *volselle.* La pièce réceptaculaire est creusée en tuile et son extrémité est tronquée et velue.

ARTICLE II.

APPAREIL GÉNITAL FEMELLE.

Les *ovaires* des Asiliques sont allongés, maintenus en place, soit par le ligament suspenseur, soit par de nombreuses brides trachéennes. Des gaînes ovigères innombrables, à six ou sept loges, et terminées par un ovulaire allongé et grêle, les hérissent de toutes parts, excepté dans un ruban médian de leur face inférieure. Le *calice* est central ou inférieur, le *col* court, ainsi que l'*oviducte*. Les *œufs* à terme sont ovales oblongs, blanchâtres dans le *Crabroniformis*, bruns ou noirâtres dans le *Laphria* et le *Dioctria*.

La *glande sébifique* a une structure toute particulière; l'organe sécréteur se compose de trois vaisseaux simples capillaires d'une consistance élastique, roulés en replis concentriques et tellement adhérents les uns aux autres par une membrane hyaline, qu'on dirait parfois qu'ils ne constituent qu'un seul filet. Chacun d'eux est aussi long que l'insecte, ils sont roussâtres vers leur extrémité, seulement dans le *Crabroniformis*, vers leur insertion dans le *Laphria;* ceux du *D. teutonus* sont roux dans toute leur étendue, avec l'extrémité noirâtre et leur origine renflée, comme bulbeuse. Les *réservoirs* séminaux sont, dans le *Crabroniformis*, deux longs boyaux filiformes subdiaphanes plus ou moins boursouflés; ils sont, au contraire, courts, ovalaires ou spatulés dans le *Laphria*, en forme de vésicule atténuée en col capillaire dans le *D. teutonus;* j'ai positivement constaté dans ce dernier, que les deux cols des réservoirs s'unissent pour former un canal unique fort court implanté sur l'oviducte.

FAMILLES DES EMPIDES ET DES CYRTIDES.

Quoique la forme et la structure du corps du *Cyrtus* semblent le rejeter loin des *Empis*, cependant les entomologistes praticiens habitués à l'étude des physionomies des insectes ne sauraient

disconvenir de l'air de famille que donne à ces deux types leur figure de bécasses. Dans le seul but de concentrer mon texte, je les comprends dans une même description.

Les espèces disséquées sont :

1. *Empis unicolor.* Macq.
2. —— *livida.* L.
3. —— *lutea.* Meig.
4. *Empis stercorea.* L.
5. *Ramphomyia sulcata* Fall.
6. *Cyrtus accphalus.* Latr.

CHAPITRE PREMIER.

APPAREIL DIGESTIF.

J'ai souvent confirmé l'observation de M. Macquart sur les habitudes insectivores des *Empis*, dont les mâles, à l'exemple des *Tabanus*, se nourrissent du nectar des fleurs; l'étude des *contenta* du canal digestif du *Cyrtus* m'a aussi donné l'assurance que ce Diptère vit du pollen des étamines.

Les *glandes salivaires* ont une configuration très-différente de celle des Asiliques; ce sont deux vaisseaux d'une ténuité capillaire, d'une longueur qui souvent atteint deux fois celle de l'insecte; dans le *E. stercorea*, elles sont habituellement fléchies au milieu et récurrentes.

Le *tube alimentaire* a une fois et demie à deux fois la longueur du corps. Le réservoir de la *panse* est bilobé dans le *Cyrtus* simple, oblong ou allongé dans les *Empis;* il atteint presque le bout de l'abdomen dans le *E. livida*, il s'avance moins dans le *E. stercorea*, il a plus d'ampleur dans le *E. unicolor*. Le *ventricule chylifique* débute par deux bourses oblongues obtuses; il est uniformément cylindroïde et droit dans les *Empis*, dilaté avant sa terminaison dans le *Cyrtus*.

Les *vaisseaux hépatiques* ont dans ce dernier genre deux *canaux cholédoques*, et c'est là un trait anatomique différentiel avec les *Empis,* où les insertions sont isolées; ces vaisseaux sont fort longs, peu ou point variqueux, blanc jaunâtre ou verdâtre.

L'*intestin*, d'abord filiforme, a un *rectum* ovoïde dans le *E. livida*, allongé dans le *E. lutea* globuleux dans le *Cyrtus*, avec quatre boutons charnus conoïdes.

CHAPITRE II.

APPAREIL GÉNITAL.

ARTICLE Ier.

APPAREIL GÉNITAL MÂLE.

Les *testicules* sont ovoïdes ou sphéroïdaux, d'un brun marron ou chocolat dans les *Empis*, le *Ramphomyia*, incolores dans le *Cyrtus*. Les *conduits déférents* des *Empis* sont courts, grêles, bruns; ceux du *Cyrtus*, aussi fins et plus longs, reçoivent, peu après leur origine, un court boyau latéral.

Les *vésicules séminales* sont dans les *Empis* au nombre de trois paires, et leur configuration est tellement variable suivant les dispositions génératives, qu'il m'est arrivé de croire, malgré ma rigueur accoutumée dans la détermination préalable de l'espèce, que je m'étais mépris sur celle-ci. Dans le *stercorea*, la paire principale, celle qui reçoit directement les conduits déférents, est, dans la condition de turgescence, plus ou moins ventrue, courbée en crosse dirigée en avant; dans la condition contraire, elle est petite, filiforme, déjetée en arrière. Dans le *E. lutea*, ces mêmes vésicules, bien plus longues que dans le *E. stercorea*, sont filiformes, avec un grand renflement ovoïde. Les deux autres paires de vésicules sont, dans le *E. stercorea*, fort longues, capillaires plus ou moins boursouflées, l'une d'elles, dans le *E. lutea*, est fort courte et rudimentaire. Je n'ai trouvé dans le *Ramphomyia* que deux paires de ces vésicules, l'une filiforme, l'autre terminée par une utricule ovoïde; il n'y en a dans le *Cyrtus* qu'une seule paire, allongée, courbée en crosse, atténuée en arrière.

Le *canal éjaculateur* est fort court dans les *Empis* et *Ramphomyia*, assez long et filiforme dans le *Cyrtus*.

L'*armure copulatrice* des *Empis* est d'une curieuse complication; mais l'imperfection de mes notes ne me permet pas d'en esquisser la description. Celle du *Cyrtus* a un *forceps* à branches grêles courbées en bas et largement ouvertes; elle a aussi une *volselle* de deux pièces ovalaires velues et un *fourreau de la verge* noir, allongé, refendu à son extrémité, rostriforme.

ARTICLE II.

APPAREIL GENITAL FEMELLE.

J'ai figuré et je vais décrire cet appareil dans le *E. livida;* j'ai aussi étudié celui du *E. unicolor,* qui lui ressemble.

Les *ovaires,* semblables à ceux des Asiliques, forment deux grappes oblongues de *gaines ovigères* courtes, quadriloculaires, innombrables, mais non très-pressées, affectant une disposition sériale. Le *col* est tubuleux, médiocrement long; l'*oviducte* fort court. Les œufs sont ovales obtus, assez gros, blancs.

La *glande sébifique* diffère beaucoup de celle des familles précédentes; au lieu d'orbicelles, il n'y a ici qu'une seule vésicule sphérique, blanchâtre, au centre de laquelle s'implante un col *efférent* capillaire, long et flexueux. Dans le *Ramphomyia*, je vois un seul orbicelle rond à large centre noir, à conduit efférent apical, courbé en anse et plus ou moins boursouflé; les réservoirs séminaux sont, comme dans les Asiliques, formés par un double vaisseau simple, filiforme, semi-diaphane, atténué vers son insertion; j'ai constaté dans le *Ramphomyia* que les cols de ces réservoirs s'insèrent de chaque côté de la terminaison du conduit efférent de la glande.

L'*oviscapte* se compose de deux stylets droits, grêles, acérés, cornés comme dans les Tipulaires, flanqués à leur base par les *tentacules vulvaires* noirs, un peu arqués. La forme et la structure de cet oviscapte annoncent que les *Empis* enfoncent leurs œufs dans quelque milieu résistant.

FAMILLES DES BOMBYLIERS ET DES ANTHRACIENS.

Déjà à l'article de l'appareil respiratoire, j'ai témoigné mon étonnement de ce que malgré leur vol rapide et soutenu, malgré leur bourdonnement aigu et saccadé, les Bombyles étaient privés de ces aérostats abdominaux qui sont l'apanage ordinaire des insectes qui ont de semblables habitudes, j'ai fait remarquer aussi que les *Anthrax*, qui planent silencieusement, avec leurs longues ailes étendues, étaient munis de ces aérostats.

Mais si les traits extérieurs et quelques habitudes distinguent évidemment les Bombyliers des Anthraciens et légitiment, pour l'étude, leur séparation en deux familles, il n'en est pas ainsi de leur organisation viscérale; celle-ci présente une conformité qui m'a déterminé à confondre l'exposition de mes recherches. Toutefois, j'ai déjà fait ressortir leur différence, sous le rapport du système nerveux.

Espèces disséquées :

BOMBYLIERS.

1. *Bombylius posticus.* F.
2. ——— *minor.* L.
3. ——— *major.* L.
4. ——— *cruciatus.* T.
5. ——— *ctenopterus.* Meig.
6. *Usia ænea.* Latr.
7. *Phtiria minuta.* Meig.

ANTHRACIENS.

1. *Anthrax jacchus.* F.
2. ——— *punctata.* T.
3. ——— *flava.* Hoffm.
4. ——— *venusta.* Meig.

CHAPITRE PREMIER.

APPAREIL DIGESTIF.

Les Bombyliers et les Anthraciens se nourrissent du pollen des fleurs.

Les *glandes salivaires*, à peine de la longueur du corselet, sont

cylindroïdes, en massue dans quelques Bombyliers, terminées dans le *A. jacchus* par un renflement ovoïde, fléchies à angle aigu vers le milieu dans le *A. venusta*. Le col est presque nul dans les Bombyliers, bien prononcé dans les Anthraciens, et c'est là un trait caractéristique dans les deux familles.

Ramdohr (*l. c.* p. 184), qui a décrit et figuré le canal digestif du *B. major*, que j'ai aussi disséqué, n'a pas connu les véritables glandes salivaires, et a pris pour telles les bourses ventriculaires défectueusement représentées.

Le *tube alimentaire* a près de trois fois la longueur de l'insecte dans les *Bombylius*, deux fois seulement dans les *Phtiria* et *Usia*, un peu moins dans les *Anthrax*. Le réservoir de la *panse* est en besace, avec les poches oblongues dans les *Bombylius* et *Anthrax*, arrondies dans les autres genres. Ce réservoir m'a souvent offert une pulpe jaune formée par le pollen des étamines : cette pulpe est safranée dans la *Phtiria*, que je soupçonne sucer les anthères du serpolet. Le *ventricule chylifique* débute par deux bourses oblongues, plus ou moins boursouflées ou ridées; en entrant dans l'abdomen, il offre une, quelquefois deux dilatations, puis il redevient cylindroïde.

Les *vaisseaux hépatiques* sont blanchâtres ou jaunâtres, plus ou moins variqueux : deux d'entre eux distribuent leurs flexuosités en avant, et les deux autres en arrière; mais ils présentent, quant à leur mode d'insertion, quelques différences suivant les genres : ainsi, dans les *Bombylius* et *Anthrax*, ils sont rapprochés par paires à l'endroit de leur implantation sans être confluents; dans l'*Usia*, où ils sont proportionnellement plus gros et moins longs, ils se réunissent d'abord deux à deux, puis les deux cols aboutissent à un seul *canal cholédoque*. Je sens le besoin de soumettre cet insecte à de nouvelles vivisections, à cause de ce mode d'insertion si exceptionnel dans la famille.

L'*intestin* est filiforme, le *rectum*, ovale ou oblong avec deux paires de boutons charnus, arrondis, peu saillants; je n'en ai pas aperçu dans le *A. jacchus*.

CHAPITRE II.

APPAREIL GÉNITAL.

ARTICLE Ier.

APPAREIL GÉNITAL MÂLE.

Il se fait remarquer par sa petitesse et diffère essentiellement de ceux des familles qui précèdent. Je prendrai pour type de ma description celui du *B. posticus*.

Les *testicules*, ovoïdes et d'un brun ferrugineux, dégénèrent insensiblement en un *conduit déférent* filiforme, coloré comme eux et de leur longueur au moins. Les *vésicules séminales* forment une masse agglomérée, au milieu de laquelle se perdent les conduits déférents, rapprochés et contigus. On prendrait, au premier coup d'œil, cette agglomération pour une seule grosse vésicule; mais un scalpel adroit et heureux y démêle deux pelotons égaux contigus, formés chacun par les entortillements inextricables d'un vaisseau unique aussi fin que le brin d'un cocon et dont la longueur dépasse celle de l'insecte; le *canal éjaculateur*, presque entièrement caché sous ce peloton, est à peu près droit et de la longueur du conduit déférent.

L'*armure copulatrice*, qui se dérobe à l'œil au milieu de la fourrure du bout de l'abdomen, peut facilement être mise en évidence par une compression expulsive bien ménagée. Le *forceps* en forme la partie la plus apparente : il est ovale oblong, coriacé, velu, plus large et bombé à sa base, déprimé et atténué à l'extrémité de ses branches, qui est obliquement tronquée; une plaque triangulaire, placée comme un coin entre les bases du forceps, est l'analogue de la pièce basilaire. La *volselle*, qui est inférieure, tantôt dépasse et tantôt n'atteint pas les extrémités du forceps; elle est formée de deux pièces adossées roussâtres, terminées par un crochet ployé habituellement en dessous, mais

qui se redresse dans l'acte copulatif. Ce crochet est affilé à sa pointe et hérissé de soies piquantes dirigées d'arrière en avant, et de deux ou trois épines au côté interne. Le *fourreau* de la verge, situé entre les branches de la volselle, est allongé.

Dans l'*Usia*, les testicules et les conduits déférents ressemblent à ceux du *Bombylius;* mais les vésicules séminales, loin d'être confondues en une seule agglomération, sont très-distinctes et formées pour chaque côté par un seul vaisseau très-flexueux ou reployé.

Les organes sécréteurs et conservateurs du sperme ressemblent, dans le *Phtiria*, à ceux de l'*Usia;* mais les vésicules séminales sont fort courtes, réfléchies en arrière et renflées vers leur insertion au canal éjaculateur.

Les testicules du *A. venusta* sont oblongs, non colorés ; les conduits déférents capillaires, de leur longueur; les vésicules séminales, tout aussi grêles et entremêlées. Le canal éjaculateur est plus court que les conduits déférents.

ARTICLE II.

APPAREIL GÉNITAL FEMELLE.

Avant d'exposer les organes essentiels de ce sexe, je ferai connaître la curieuse structure de l'extrémité de l'abdomen des Bombyles femelles, et en particulier celle du *B. major*. Par une compression expulsive graduée, on voit se dérouler des parties qui, dans le repos, restent profondément engagées dans les derniers segments : c'est d'abord une large ceinture dorée et soyeuse de poils fins, serrés, dans le sens de la longueur du corps, formant en arrière une frange courbée; ensuite, apparaît une sorte de segment ayant au milieu un écusson brunâtre, glabre, et sur les flancs un duvet doré pâle, fin, moelleux, couché. Il y a de chaque côté du bord postérieur de ce segment un peigne à une douzaine de dents longues, fines, noires, droites et parallèles,

qui, au microscope, sont autant de baguettes cornées, un peu en massue. Deux panneaux largement tronqués, finement velus, et entre lesquels on parvient à déterminer la hernie ou du rectum ou du vagin, forment la dernière pièce mise en évidence. Il ne nous est pas donné d'assigner à ces pièces leurs attributions physiologiques, soit dans l'acte copulatif, soit pour la ponte.

Les *ovaires* du *B. cruciatus*, dans une gestation avancée, forment chacun une grosse grappe globuleuse de *gaines ovigères* innombrables, uniloculaires, convergentes; le *calice* est central, le *col* tubuleux, de la longueur de l'ovaire, l'*oviducte* court, terminé par deux *tentacules vulvaires* oblongs, obliquement tronqués; les *œufs*, globuleux dans les gaînes, sont ovalaires dans le calice.

L'appareil *sébifique* (et *séminal*) a une complication désespérante pour le physiologiste. J'avoue et tout mon embarras pour la désignation de quelques-unes de ses parties constitutives et toute mon incertitude pour les véritables attributions fonctionnelles. Il m'a paru s'insérer à la face inférieure de l'origine de l'oviducte. Il y a trois *orbicelles* à centre brun, ovoïdes, contigus, se continuant en arrière en un col efférent qui offre au milieu un trait longitudinal brun, inclus, analogue au point central de l'orbicelle; les trois cols aboutissent à une souche commune fort courte. Dans le *B. cruciatus*, le col a une dilatation qui ne s'observe pas dans le *B. major*, et le trait brun inclus est infiniment plus court dans la première de ces espèces et le *B. minor* que dans la seconde. Dans le *B. major*, dont l'orbicelle est rond et forme la base d'un cône, ce trait brun se termine en avant comme en arrière par un bourrelet transversal qui dépasse un peu son diamètre; mais ce que j'ai bien constaté, en déchirant le tissu de l'organe, c'est que ce trait communique, par un conduit incolore plus fin que lui, et à l'ombilic brun de l'orbicelle et à son insertion postérieure : la texture contractile de l'enveloppe extérieure du col efférent se manifeste, au microscope, par de légers festons de ses bords.

Cette glande offre d'autres modifications spécifiques dans le *B. ctenopterus*; les orbicelles à centre brun et arrondis ont des cols

trois fois plus longs que dans les précédents, courbés en anse et tellement accolés ensemble, qu'ils en imposent pour un seul conduit; mais on parvient à les isoler : ils n'ont pas le trait brun et ils se renflent en arrière.

Les réservoirs, que j'hésite à appeler séminaux, sont au nombre de deux paires, au moins dans le *B. cruciatus :* l'une, que j'appellerai essentielle, parce qu'elle s'observe dans toutes les espèces de *Bombylius,* est vésiculaire, ovoïde ou pyriforme, blanchâtre, à parois assez épaisses, mais souples, atténuée en arrière pour l'insertion brusque d'un col capillaire; oblongue dans le *B. major* et le *B. ctenopterus,* plus longuement atténuée dans le *B. minor :* ces vésicules correspondent à ce que, ailleurs, j'ai appelé provisoirement réservoirs séminaux. L'autre paire, constatée dans le *B. cruciatus,* consiste en deux longs vaisseaux simples, plus fins qu'un cheveu, reployés et perdus au milieu de la pulpe adipeuse du bout de l'abdomen. Quelles sont donc les attributions physiologiques de ces filets capillaires reployés, qui, d'ordinaire, sont sécréteurs? *Judicent peritiores!*

Les *ovaires* de l'*Usia* et du *Phtiria* sont ovalaires et non globuleux, avec un col tubuleux bien plus marqué que dans les Bombyles, surtout dans le *Phtiria;* les gaînes ovigères sont bi ou triloculaires dans le premier genre, uniloculaires dans le second : les œufs à terme, dans celui-ci, sont ovales et d'un roux pâle. Il y a dans l'*Usia* trois orbicelles à centre brun et deux réservoirs séminaux longs, filiformes.

FAMILLES DES THÉRÉVIDES ET DES LEPTIDES.

J'examinerai en commun leur splanchnologie dans le seul but d'abréger mon texte, car, en entomologie, ce sont deux groupes bien distincts. J'ai disséqué les :

1. *Thereva plebeia.* L.
2. ——— *bipunctata.* Meig.
3. ——— *nobilitata.* T.
4. *Thereva confinis.* Meig.
5. *Leptis tringaria.* L.
6. *Chrysopila aurata.* Macq

CHAPITRE PREMIER.

APPAREIL DIGESTIF.

Les Thérévides, que l'on trouve souvent posés à terre dans les expositions chaudes, à la manière des Asiles, vivraient, dit-on, du pollen des fleurs; tandis que les Leptides, habituellement perchés sur les plantes, chasseraient de très-petits insectes pour les sucer.

Quoi qu'il en soit de l'espèce de leur nourriture, leur appareil digestif est organisé sur le même plan que celui des familles précédentes, et les différences sont peu remarquables[1].

Les *glandes salivaires*, qui ont échappé à Ramdohr, ne diffèrent pas de celles des Bombyliers; elles sont ou ovales-oblongues ou en massue, et ne dépassent pas le milieu du thorax : leur col est assez long, mais moins dans le *Chrysopila*.

Le *tube alimentaire* n'a pas plus de deux fois la longueur de l'insecte; le réservoir de la *panse* est bilobé. Ramdohr, qui l'appelle *sac pharyngien*, l'a représenté à tort comme simple et allongé : je crois qu'il s'en est laissé imposer par une partie du vaisseau dorsal. Les bourses ventriculaires sont oblongues et opposées, subgranuleuses dans les *Thereva;* le ventricule offre une dilatation constante à son entrée dans l'abdomen; les *vaisseaux hépatiques* ont leurs insertions rapprochées par paires, mais non confluentes, et leurs quatre bouts sont flottants, contre l'assertion erronée de Ramdohr, qui les représente sous la forme de deux anses. L'*intestin* est renflé à son origine dans le *Leptis* et le *Chrysopila*, et non dans les *Thereva*, où il est filiforme: le *rectum* a quatre boutons

[1] Ramdohr, qui a décrit et figuré cet appareil dans le *Leptis scolopacea* (l. c. p. 180, pl. 20. fig. 6), prétend qu'il n'existe pas dans le mâle, et qu'il n'a trouvé à sa place qu'une membrane desséchée, adhérente à la tunique abdominale. Erreur des plus matérielles! Dans les nombreux individus de tout sexe soumis à mon scalpel, j'ai constamment rencontré ce canal avec tous les traits qui le caractérisent, et c'est précisément celui d'un mâle que j'ai figuré

charnus ronds, à paires assez distantes, et se termine dans les femelles par un col plus long.

CHAPITRE II.

APPAREIL GÉNITAL.

ARTICLE I[er]

APPAREIL GÉNITAL MÂLE.

Les *testicules*, plus ou moins rapprochés et ensevelis dans la pulpe adipeuse sont ovoïdes ou sphéroïdes, blancs dans le *Leptis*, d'une teinte roussâtre dans les *Thereva*. Le *conduit déférent* est presque nul dans ces derniers, où il ne semble que le col du testicule; il a dans le *Leptis* une ténuité capillaire et une longueur qui surpasse sept à huit fois celle de ce dernier organe : il offre dans cet insecte une disposition anormale fort difficile à constater. D'abord, collés sous les vésicules séminales, ces conduits sont récurrents et s'unissent en un col commun fort court, qui s'abouche ou confluе avec l'extrémité antérieure de ces vésicules; celles-ci, couchées sur la ligne médiane, sont droites, courtes, grêles, adossées l'une à l'autre : la figure exprime assez bien cette disposition pour ne pas y insister. De plus habiles que moi découvriront peut-être que la confluence antérieure des vésicules n'est qu'une simple contiguïté. Les *vésicules* séminales des *Thereva* sont simples, filiformes, blanches, et reçoivent les conduits déférents, comme à l'ordinaire, avant leur réunion pour former le *canal éjaculateur* : celui-ci est aussi long et plus grêle que les vésicules dans le *Thereva*, court dans le *Leptis*.

L'*armure copulatrice* du *Thereva*, à peine apparente dans la profonde échancrure demi-circulaire du dernier segment de l'abdomen, est fort compliquée. On y distingue : 1° une pièce *basilaire* formée de trois plaques coriacées, velues, dont les latérales sont terminées en pointe pilifère, et l'intermédiaire oblongue;

2° un *forceps* corné à branches atténuées et fortement crochues en dedans; 3° deux *stylets* cornés, bruns, tronqués, terminés par des soies roides; 4° une *volselle* de deux pièces ovales-oblongues; 5° le *fourreau de la verge*, placé au centre de l'armure et oblong.

La pièce basilaire du *Leptis* est une plaque unique, noire, cornée, en forme de large triangle; le forceps a des branches conoïdes, noires, avec un crochet terminal articulé, peu arqué, brun, semblable à celui de la mandibule d'une Arachnide; le fourreau de la verge est assez petit; la volselle, tout à fait inférieure, se termine par deux tentacules articulés, ovales, ciliés en dehors.

ARTICLE II

APPAREIL GÉNITAL FEMELLE.

Les *ovaires* sont deux grappes oblongues ou ovalaires, blanchâtres, de *gaines ovigères* innombrables et triloculaires dans plusieurs *Thereva*, au nombre de neuf ou dix seulement et sur deux rangées dans la *T. confinis*, subbiloculaires dans le *Leptis*, où elles sont moins serrées et parfois disposées d'une manière distique; le *calice* est central; le *col* et l'*oviducte* sont fort courts dans le premier genre, assez longs dans le second; les *œufs* sont ovales-oblongs, blancs.

La *glande sébifique* des *Thereva* a trois *orbicelles* dépourvus de centre noir et globuleux. Je n'en ai vu que deux dans la *T. confinis*, espèce qui offre au centre de l'appareil une bourse ovoïde, membraneuse, comparable à la poche copulatrice d'Audouin. Les cols efférents sont capillaires et l'intermédiaire est presque nul; les *réservoirs* sont deux boyaux allongés en massue, terminés en arrière par un col brusquement capillaire plus court qu'eux: la *vulve* est flanquée à droite et à gauche par un panneau coriacé, hérissé en dehors de piquants et de soies roides.

Cette même glande présente dans le *Leptis* des différences marquées. Les orbicelles sont remplacés par trois courtes digitations

blanchâtres, disposées en triangle, et tout aussitôt confluentes pour donner naissance à un long conduit efférent unique, capillaire; les réservoirs sont deux boyaux filiformes aussi longs que le corps de l'insecte et remplis d'une pulpe blanche comme de l'amidon : ils s'atténuent en arrière pour s'insérer sur l'oviducte. Les trois derniers segments de l'abdomen, à cause de leur largeur décroissante, semblent faire l'office d'*oviscapte;* les tentacules vulvaires se composent, pour chaque côté, de deux articles : l'un, basilaire ovale-oblong; l'autre, terminal globuleux, comme brièvement pédicellé.

FAMILLE DES DOLICHOPODES.

Cette famille, fondée par Latreille et conservée par Fallen et Meigen, est une des plus naturelles de l'ordre.

Les espèces disséquées sont :

1. *Dolichopus nitidus.* Meig.
2. ——— *chalybæus.* id.
3. *Porphyrops diaphanus.* T.

CHAPITRE PREMIER.

APPAREIL DIGESTIF.

Il est des Dolichopodes qui semblent ne se nourrir que des sucs excrétés par les feuilles et d'autres qui font la chasse aux petits insectes pour les sucer.

Les *glandes salivaires,* d'une petitesse presque rudimentaire, mais parfaitement organisées, sont ovoïdes et débordent à peine dans leur position normale le contour occipital du crâne, en sorte qu'il faut briser celui-ci pour les mettre en évidence : leur col est plus court qu'elles.

Le *tube alimentaire* n'est guère plus long que l'insecte; le réservoir de la *panse* est trilobé ou à trois poches : celles-ci ne sont

pas toujours faciles à constater. J'ai souvent trouvé l'une d'elles vide et affaissée, de manière qu'alors le réservoir ne semblait que bilobé. La représentation de ces divers états me dispense d'autres détails. Le *ventricule chylifique* débute par une configuration, une composition intéressantes à constater, parce qu'elles forment la transition, le chaînon des familles précédentes aux suivantes. Tout en conservant les bourses ventriculaires, il offre à son origine un godet orbiculaire, comme les Muscides. Ces bourses sont allongées, opposées, plus ou moins arquées; le ventricule se continue ensuite en un tube filiforme.

Les *vaisseaux hépatiques*, d'une finesse extrême, sont ici, comme dans les Leptides, à quatre bouts flottants et à insertions isolées.

L'*intestin* est d'abord grêle; le *rectum* n'a que trois boutons charnus : ils sont arrondis et entourés d'un cerceau comme cartilagineux.

CHAPITRE II.

APPAREIL GÉNITAL.

ARTICLE Ier.

APPAREIL GÉNITAL MÂLE.

Les *testicules* sont assez gros, vu la petitesse de l'insecte, subglobuleux ou ovoïdes, distincts, quoique rapprochés, tantôt châtains, tantôt à peine lavés de brun; le *conduit déférent* est plus court que le testicule et plus ou moins boursouflé; le *canal éjaculateur*, aussi court et plus fin que ce conduit, s'insère un peu latéralement à l'armure copulatrice : il y a une paire de *vésicules séminales* filiformes plus ou moins reployées.

L'*armure copulatrice*, simplement couchée sous l'abdomen et pouvant être facilement mise en évidence, a été depuis longtemps décrite par De Géer dans le *D. ungulatus*. Les diptérologistes mo-

dernes ont fondé sur son existence et sur ses configurations des caractères propres à la distinction des espèces. Le corps de l'armure est, dans le *D. nitidus*, de texture tégumentaire, cylindroïde, glabre, noirâtre. Un œil scrupuleux le trouve composé de deux pièces étroitement unies: l'une, basilaire, bien plus courte, arrondie, convexe, enchâssée obliquement ou latéralement dans l'autre; celle-ci échancrée en arrière et débordée par deux *lamelles* ovalaires, blanches, de texture scarieuse ou sèche, garnies au bord externe, qui est convexe, de cils noirs, longs, plus ou moins courbés, les uns simples, les autres (postérieurs) divisés en deux dès leur base, qui est une souche plus ou moins prononcée : le bord interne de ces lamelles est presque droit et garni d'une courte villosité microscopique.

ARTICLE II.

APPAREIL GÉNITAL FEMELLE.

Les *ovaires* se présentent sous l'aspect de deux grappes ovalaires et déprimées de *gaines ovigères* subbiloculaires, au nombre d'une trentaine environ, insérées à la paroi supérieure seulement, de manière que le *calice* est inférieur; le *col*, qui est tubuleux, et l'*oviducte*, sont de la même longueur. Les *œufs* sont ovales-arrondis, blancs.

La *glande sébifique* a une structure très-différente de celle des familles précédentes; elle consiste en une seule vésicule ovoïde terminée en arrière par un col efférent capillaire, d'une longueur démesurée, enroulé en nombreuses circonvolutions, quatre ou cinq fois plus long que le corps de l'insecte, et renflé avant son insertion à l'oviducte. Les verres amplifiants font reconnaître dans ce col un vaisseau inclus roussâtre, avec quelques légères dilatations. Les *réservoirs séminaux* sont, comme dans les familles précédentes, deux boyaux cylindroïdes, plus ou moins courbés en anse et atténués en un col capillaire moins long qu'eux.

L'oviducte s'engage dans un *oviscapte* composé de quatre tuyaux

engaînés, d'autant plus étroits qu'ils sont plus postérieurs; le dernier offre, au microscope, une série pectinée de dix dents cornées, et en dessous deux *tentacules vulvaires* d'un seul article oblong, droit, noir : ce peigne ou râteau de l'oviscapte annonce une manœuvre particulière pour enfoncer les œufs. De Géer nous apprend que c'est dans la terre que vivent les larves du dolichope. (*Mém.* vol. VI, p. 194.)

FAMILLE DES SYRPHIDES.

J'ai disséqué les espèces suivantes :

1. *Chrysotoxum arcuatum.* Meig.
2. *Volucella zonaria.* Id.
3. *Eristalis arbustorum.* T.
4. ——— *tenax.* T.
5. ——— *sepulchralis.* T.
6. *Xylota segnis.* Meig.
7. *Syritta pipiens.* Macq.
8. *Rhingia rostrata.* T.
9. *Milesia crabroniformis.* T
10. *Syrphus pyrastri.* T.
11. ——— *rosarum.* T.
12. ——— *nectareus.* T.
13. *Sphærophora tœniata.* Meig.
14. *Cheilosia mutabilis.* Macq.
15. ——— *scutellata.* Meig.
16. *Chrysogaster metallica.* Id

CHAPITRE PREMIER.

APPAREIL DIGESTIF.

Les Syrphides se nourrissent tous du pollen et du nectar des fleurs, ainsi qu'il conste de l'étude de leurs habitudes et de celle des *contenta* de leurs organes digestifs.

Les *glandes salivaires*, plus développées et surtout plus longues que dans les trois familles précédentes, sont filiformes, plus ou moins reployées, généralement de la longueur du corps, mais plus courtes dans le *Syrph. pyrastri;* elles s'étrécissent plus ou moins brusquement en un col capillaire qui, dans quelques espèces, et notamment dans le *Volucella*, a une certaine longueur.

Le *tube alimentaire* a deux ou trois fois la longueur de l'insecte dans les *Chrysotoxum*, *Er. sepulchralis*, *Xylota*, *Syritta*, *Rhingia*.

Syrph. pyrastri et *rosarum*, *Sphœrophoria*, *Cheilosia*, *Chrysogaster*, quatre fois environ dans les *Volucella*, *Er. tenax* et *arbustorum*, *Milesia*, *Syrph. nectareus*. La *panse* a son réservoir en bissac; ses poches peuvent être égales ou inégales, séparées par un profond sinus ou presque confondues en une seule, distendues ou plissées, ou festonnées, quelquefois, comme dans le *Sphœrophoria*, formées d'un groupe de vésicules arrondies; le col de la panse est, dans le *Rhingia*, proportionnellement plus gros et un peu renflé à son insertion à l'œsophage.

L'origine du *ventricule chylifique* a constamment deux bourses *appendiculées*, c'est-à-dire formées chacune d'une grande et d'une petite digitation : ces bourses sont oblongues ou allongées, plissées ou festonnées, ou granuleuses, suivant certaines conditions digestives. C'est la plus antérieure des deux digitations qui est ordinairement la plus courte, et elle est d'une petitesse rudimentaire dans le *Syrph. pyrastri* et le *Xylota* : je ne connais qu'une seule espèce où les deux soient presque égales entre elles, c'est le *Rhingia*. Quant à leur mode d'insertion, il a lieu de chaque côté de l'origine du ventricule par un col parfois d'une telle brièveté, qu'il est impossible de le constater, et les bourses paraissent alors sessiles, comme dans l'*Er. tenax*. Il m'a semblé que dans les *Volucella*, *Er. sepulchralis* et *arbustorum*, et *Rhingia*, le col des bourses s'implantait à la terminaison de l'œsophage, et non à l'origine du ventricule; mais je sens la nécessité de diriger des investigations plus scrupuleuses sur ce point d'anatomie. Le plus souvent, il y a contiguité ou communication directe entre les digitations du même côté, qui ne sont séparées que par un étranglement.

Ramdohr (*l. c.* p. 77) s'est encore mépris sur la nature et les fonctions de ces bourses, qu'il a prises pour des vaisseaux salivaires, tout en disant qu'ils s'insèrent à l'origine de l'estomac, circonstance anatomique évidemment contraire à la fonction connue des glandes salivaires.

Le *ventricule chylifique*, long, cylindroïde, glabre, étranglé au détroit thoraco-abdominal, présente à peine quelques légères mo-

difications, suivant les espèces; il est sensiblement plus court et simplement flexueux dans les *Syrphus*, tandis que dans les autres il se reploie en une circonvolution ou en une grande anse. Celui du *Rhingia* et du *Chrysotoxum* se fait remarquer par une grande dilatation ovoïde à l'entrée de l'abdomen, sans préjudice de la circonvolution : cet organe débute ordinairement par un godet orbiculaire mal circonscrit, qui n'existe pas dans le *Rhingia*.

Les *vaisseaux hépatiques* sont unis ou variqueux, diaphanes, blanchâtres, grisâtres, jaunes, bruns ou même noirâtres (*Er. tenax*) : leur insertion a lieu ou par deux *canaux cholédoques* fort courts, ou isolément, comme dans les *Syritta* et *Xylota*.

L'*intestin* a d'abord une portion grêle filiforme, flexueuse ou reployée; le *rectum* s'atténue en un col plus ou moins long : il a le plus souvent quatre boutons charnus, ronds ou conoïdes. Le *Volucella* est jusqu'à ce jour le seul Syrphide où je n'aie trouvé aucune trace de ces boutons : je ne saurais me rendre raison de ce trait négatif exceptionnel.

CHAPITRE II.

APPAREIL GÉNITAL.

ARTICLE Ier.

APPAREIL GÉNITAL MÂLE.

La composition de cet appareil s'éloigne peu, quant aux parties principales, de celle qui s'observe dans les familles que nous venons de passer en revue; toutefois, nous allons trouver dans la plupart des Syrphides un organe qui n'a pas d'analogue dans ces dernières, et qui constitue un des faits anatomiques les plus caractéristiques des Syrphides, c'est l'existence d'un *réservoir spermatique* distinct des vésicules séminales.

Exposons d'abord cet appareil dans le *Volucella*, l'un des plus gros Syrphides de nos contrées.

Les *testicules*, petits relativement à la taille de l'insecte et revêtus d'une tunique brune, ont une configuration singulièrement diverse, suivant leur degré de turgescence séminale : ainsi, vous les trouverez tantôt oblongs, cylindroïdes ou comprimés au milieu, tantôt ovoïdes ou pyriformes. Les *conduits déférents*, bruns aussi, capillaires et un peu moins longs que les testicules, deviennent, avant leur terminaison, tellement contigus l'un à l'autre, qu'un œil peu pratique de ces dissections délicates croirait qu'ils ne forment là qu'un seul et même conduit court; mais le secours de la lentille microscopique dissipe tous les doutes : ils s'insèrent à l'origine inférieure du canal éjaculateur. Les *vésicules séminales*, une pour chaque côté, sont filiformes, flexueuses ou reployées, trois ou quatre fois plus longues que les testicules; elles confluent en arrière pour la formation du *canal éjaculateur*.

Celui-ci, loin d'avoir, comme à l'ordinaire, des parois fibreuses et un diamètre filiforme, a une texture vésiculaire, une forme allongée, cylindroïde, et une grosseur insolite : il renferme un fluide prolifique dont l'abondance modifie beaucoup sa configuration. Cet organe est, à mes yeux, un type précieux de transition qui nous prépare à trouver mieux circonscrit ce *réservoir spermatique* que j'ai dit être un trait anatomique des Syrphides.

L'*armure copulatrice* de la volucelle rappelle par sa composition, et surtout par son étui articulé, celle de la panorpe; mais au lieu d'être replié en dessus, comme dans cette dernière, cet étui est, dans l'état de repos, ployé et reçu dans une excavation particulière du bout inférieur de l'abdomen : il est roux (noir dans le *V. inanis*), composé de quatre articles assez grands, ovalaires ou subquadrilatères, velus et mobiles les uns sur les autres, comme des vertèbres caudales. Le *forceps*, qui termine l'étui, a ses branches cornées, brunes, velues, courbées en crosse à leur extrémité, qui est un peu épaissie et faisant la pince : entre ces branches, se voit une sorte de *volselle*, mi-partie coriacée et membraneuse, très-velue et partagée en deux portions égales par un intervalle linéaire. Le *fourreau de la verge*, placé au-dessous de la volselle, est corné et

d'une couleur rembrunie, dont la nuance varie; les baguettes, qui sont glabres, se dilatent en une raquette arrondie armée en dessous d'un crochet à double griffe se rattachant à une tige appliquée contre la baguette ; la base interne de cette tige a trois ou quatre dents microscopiques, et son milieu une isolée. Tout à fait au-dessous de tout l'appareil, il y a une pièce cornée, noirâtre, glabre, profondément échancrée à sa base et munie, au centre de son extrémité tronquée, d'une apophyse fourchue. Cette pièce inarticulée est l'analogue de celle que j'ai appelée *hypotome* dans les Hyménoptères.

Cette complication du forceps de la volucelle fait supposer dans l'acte de la copulation des manœuvres curieuses, dont la constatation directe est destinée, je crois, à demeurer bien longtemps un mystère pour nous.

Les testicules du *Chrysotoxum* sont subglobuleux, d'un brun pâle, un peu plus gros que ceux de la volucelle; les conduits déférents, capillaires et bruns, sont distincts jusqu'à leur insertion à un conduit commun droit, plus gros mais aussi long qu'eux et pareillement brun. Ce dernier conduit, qui semblerait l'analogue du réservoir spermatique, loin d'être formé par la confluence des vésicules, serait au contraire reçu dans l'embranchement de celles-ci. Cette disposition anormale, ce mode de connexion, la teinte et l'aspect non vésiculaire du conduit, me font naître des scrupules sur ses attributions, et incliner à croire que je n'ai pas assez multiplié les autopsies. Les *vésicules séminales*, au lieu d'être longues et flexueuses comme dans la volucelle, sont allongées, droites, plus ou moins fusiformes; le canal éjaculateur serait fort court, le forceps n'est pas précédé d'un étui articulé, et ses branches se terminent par une pointe droite.

Les testicules de l'*E. sepulchralis* sont assez gros, ovoïdes, d'un brun rouillé, les conduits déférents, aussi longs qu'eux, sont jaunâtres et non bruns, droits, bulbeux à leur origine; en approchant du point de leur insertion au *réservoir spermatique*, ils deviennent contigus et adhérents, ce qui rend encore plus fondés

les scrupules et les doutes émis à l'article du *Chrysotoxum;* ils s'implantent à la partie postérieure et inférieure de ce réservoir. Les *vésicules séminales*, semblables à celles de la volucelle, et par leur forme et par leur longueur, s'insèrent à côté des conduits déférents; le *canal éjaculateur* est grêle, filiforme, aussi long que le réservoir, dont il n'est que le col tubuleux.

Le bout de l'abdomen du mâle de notre éristale est très-obtus, convexe, velu, et se courbe un peu en bas pour devenir le réceptacle ou le couvercle de l'armure. Celle-ci est transversalement ovalaire, non symétrique, beaucoup plus bombée du côté droit, glabre. Les branches du forceps sont presque droites, brunes, comprimées et se terminent par deux dents bien prononcées, dont l'interne est plus courte.

Le plus vulgaire des *Eristalis*, le *E. tenax,* va encore nous offrir dans les formes et les connexions de cet appareil des traits spécifiques d'anatomie : les *testicules,* fort petits et relégués sous le rectum, sont ovales, bruns, sessiles ou presque sessiles sur les bords du *réservoir spermatique,* de manière que le *conduit déférent* semble nul. Ce réservoir utriculeux est ovalaire et du volume du testicule; il ne reçoit pas, comme dans l'espèce précédente, les insertions des vésicules séminales, et il ne forme pas directement le canal éjaculateur; il s'insère à la paroi supérieure de celui-ci après la confluence des vésicules; ces dernières, moins longues que dans le *E. sepulchralis*, forment au-dessous du réservoir le canal éjaculateur.

Nous trouvons dans le *E. arbustorum* le même plan d'organisation que dans le *E. tenax,* mais avec des modifications; les *testicules,* oblongs, subcylindroïdes et bruns, sont en partie cachés par le réservoir spermatique, à la face inférieure et postérieure duquel ils s'insèrent par des *conduits déférents* incolores, fins et si courts, qu'ils ont à peine le quart de la longueur de ces glandes; les *vésicules séminales,* en massue allongée, s'implantent distinctement en arrière des conduits déférents sous le réservoir; celui-ci est sphéroïdal, et se continue en un conduit tubuleux, grêle, filiforme, qui n'est que le *canal éjaculateur.*

Dans la plus grande espèce européenne de *Milesia*, les *testicules*, remarquables par leur longueur filiforme, sont reployés et ordinairement un peu renflés en massue à leur bout libre; ils sont d'un brun chocolat. Les *conduits déférents*, colorés de même et plus courts qu'eux, s'adossent ensemble avant leur implantation au bout antérieur du réservoir; les *vésicules séminales*, grêles comme un fil, reployées et de la longueur de l'insecte, s'insèrent à côté et en dehors des conduits déférents. Le *réservoir spermatique* a une configuration bien différente de celle des *Eristalis :* il est allongé, fusiforme, et son bout antérieur, replié en crosse, reçoit à la convexité de celle-ci les insertions des organes précédents. Le *canal éjaculateur* ne serait ici, comme dans beaucoup d'autres Syrphides, que le col de ce réservoir.

L'étude de ces organes dans le *Xylota* va nous fournir une des nombreuses preuves des ressources inépuisables de la nature dans leurs formes et leurs combinaisons, pour remplir un même but. Les *testicules*, en massue oblongue, arquée et brune, dégénèrent brusquement en *conduits déférents* colorés de même, fins comme un cheveu, et s'unissant bientôt, ou plutôt s'adossant, pour ne former en apparence qu'un cordon unique, bien plus long que leur portion dégagée, reployé ou flexueux, s'insérant en arrière et en dessous du réservoir spermatique. Les *vésicules séminales* sont longues, capillaires, reployées ou agglomérées et se fixent à côté des conduits déférents; le réservoir spermatique est en massue allongée; le *canal éjaculateur* n'en est non plus ici que le col atténué.

L'*armure copulatrice* du *Xylota* est précédée, comme dans la volucelle, d'un étui articulé mais composé seulement de deux articles d'un noir violet, velus, fléchis l'un sur l'autre, et dont la convexité du premier termine l'abdomen; le second, courbé en bas et en dedans, abrite sous sa voûte les divers instruments copulateurs; ces derniers sont : 1° deux écailles basilaires dont l'une est le réceptacle, l'opercule de pièces qui ne s'observent pas dans l'autre; 2° un *forceps* à branches brunes inégales, se croisant

dans leur jeu, l'une plus grosse et velue; 3° en dehors du forceps, un corps moins corné, obtus, velu, d'un gris sale : c'est peut-être le *fourreau de la verge;* 4° une sorte de *volselle* compliquée dont je n'ai pas assez étudié les pièces constitutives.

Les *testicules* du *Syritta* ressemblent à ceux du *Milesia*, par leur gracilité filiforme, mais ils sont un peu moins longs; les *conduits déférents*, fins, courts et parfois boursouflés, s'insèrent isolément, et non adossés, au tiers antérieur et inférieur du réservoir spermatique; les *vésicules séminales*, grêles comme les testicules, mais moins longues et incolores, ont leurs insertions à côté de celles des conduits déférents. Le *réservoir spermatique*, allongé et subfusiforme offre, à son tiers antérieur, une légère contracture où s'implantent les organes précédents; il s'atténue en arrière en un filet capillaire qui est le *canal éjaculateur*. L'*armure copulatrice* a, comme celle du *Xylota*, un étui biarticulé; l'article basilaire, plus grand, reçoit latéralement le canal éjaculateur; les branches du forceps et le fourreau de la verge sont comme dans la volucelle.

Le *Rhingia* offre des formes très-insidieuses dans cet appareil; il faut une certaine habileté dans ces vivisections et avoir bien présente cette composition anatomique dans les genres voisins pour s'y reconnaître. Les *testicules*, d'un brun rougeâtre, petits, globuleux, contigus entre eux, sont sessiles sur l'aire du réservoir spermatique; lorsqu'on cherche à les isoler pour en saisir les connexions, on leur découvre un col d'une extrême brièveté, qu'il faut regarder comme un *conduit déférent* rudimentaire. En arrière et un peu au-dessous des testicules, une loupe attentive aperçoit une paire de très-petits globules subdiaphanes et sessiles : ce sont les *vésicules séminales*. Le *réservoir spermatique* est une grande utricule sphéroïdale qui supporte, comme je viens de le dire, tous les autres organes; le *canal éjaculateur* est aussi le col du réservoir. L'*armure copulatrice* est précédée, non pas de deux articles comme dans le *Xylota*, mais d'un seul placé obliquement à l'axe du corps et velu. Les branches du *forceps*, robustes et cam-

brées, sont formées de deux pièces unies par une articulation linéaire transversale et sont tronquées au bout.

Si nous consultons ce même ordre d'organes dans le *Syrph. rosarum*, où il n'existe aucune trace de réservoir spermatique, et où l'armure copulatrice débute par un étui de quatre articles, nous verrons que le genre *Syrphus* doit, dans la série générique, être plus rapproché de la volucelle et même la précéder. Les *testicules* de ce diptère sont globuleux, d'un brun clair; les *conduits déférents*, à peu près de leur longueur et capillaires, s'insèrent; non pas au réservoir spermatique, qui n'existe pas, mais aux *vésicules séminales*, qui sont allongées et atténuées en avant; le *canal éjaculateur*, qui résulte évidemment de la confluence de ces dernières, est grêle et assez court.

Les deux espèces du genre *Cheilosia* manquent aussi de réservoir spermatique. Les *testicules* du *C. mutabilis*, petits, subglobuleux et d'un fauve vif, ont des *conduits déférents* grêles, fauves aussi, et s'adossant, avant leur insertion, de manière à simuler un conduit unique; les *vésicules séminales* sont globuleuses, bien plus grandes que les testicules, et confluentes pour la formation d'un *canal éjaculateur* filiforme, plus long qu'elles; les *testicules* du *C. scutellata* sont, au contraire, beaucoup plus grands que les vésicules et munis d'un conduit déférent bien plus court qu'eux; les vésicules séminales sont ovoïdes.

ARTICLE II.

APPAREIL GÉNITAL FEMELLE.

Il n'y a pas autant de variétés ou de modifications organiques dans l'appareil de ce sexe que dans celui du mâle. Je me bornerai à décrire en détail celui du *Volucella*.

Les grappes qui constituent ses *ovaires* sont ovales ou ovales-oblongues, blanchâtres, garnies de *gaînes ovigères* modérément pressées, biloculaires, terminées par un petit ligament; le calice est

central, et si, lorsqu'il renferme beaucoup d'œufs, on renverse l'ovaire, on aperçoit un ruban médian plus ou moins large, dégarni de gaînes, mais inégal ou bosselé par la présence intérieure des œufs; dans la condition de virginité, le ruban est remplacé par une fine rainure linéaire, de laquelle semblent partir à droite et à gauche les gaînes ovigères, disposées obliquement comme les folioles d'une feuille pinnée. Le *col* est court, mais distinct; l'*oviducte*, tubuleux; les *œufs* sont ovales dans la gaîne, oblongs dans le calice.

L'appareil sébifique (et séminal) se compose : 1° de trois *orbicelles* à centre noirâtre, groupés en triangle, munis d'un très-long col efférent capillaire; 2° de deux réservoirs séminaux sous la forme de deux boyaux filiformes atténués à leur insertion à l'oviducte. L'*oviscapte*, caché dans l'état de repos, est à découvert lors de la ponte, et on peut le mettre en évidence par une compression expulsive ménagée : on se convainct alors qu'il se compose de trois tuyaux engaînés et rétractiles, dont les deux premiers sont bordés de jaune et dont le dernier, plus petit, ovale-triangulaire, se termine par deux *tentacules vulvaires* ovales-oblongs, velus, d'un seul article.

Les ovaires des autres Syrphides ne diffèrent guère, que par le nombre des locules, des gaînes ovigères; il y en a quatre dans le *E. tenax*, six ou sept dans le *Sphœrophoria*, etc.

Les réservoirs séminaux présentent dans le *E. tenax* une forme, une structure dont, jusqu'à ce jour, les Diptères ne m'ont offert d'exemple que dans la famille des Pupipares (*Hippobosca*) : au lieu des deux boyaux simples, ordinaires, on trouve, dans cette espèce, deux arbuscules très-rameux, blancs, surtout dans une gestation avancée, à rameaux capillaires recourbés ou entortillés, aboutissant à un tronc pareillement capillaire, qui s'insère à l'oviducte, conjointement avec les cols des orbicelles. Ces arbuscules rappellent, par leur configuration seulement, les glandes vénénifiques des Hyménoptères, notamment celles du *Larra*[1], et

[1] *Recherch. anat. etc.* (*Mém. de l'Instit.* 1841, pl. 8, fig. 106.

aussi les organes des sécrétions excrémentitielles de quelques carabiques.

FAMILLE DES SCÉNOPINIENS.

Déjà, aux chapitres des appareils nerveux et respiratoires, j'ai parlé de l'espèce d'anomalie que forme, dans les Diptères, le *Scenopinus,* et de l'embarras qu'il cause pour son poste définitif dans le cadre entomologique. Latreille, qui, le premier, en forma un genre particulier, le colloqua d'abord dans la famille des Muscides, entre les genres *Ochtera* et *Pipunculus;* plus tard, il le refoula dans les Dolichopodes, après le *Platypeza.* Meigen jugea mieux l'originalité de ce genre en créant pour lui seul la famille des Scénopiniens, que M. Macquart plaça comme tribu à la tête de l'indigeste famille des Athéricères. Stephens (*Syst. catal. of Brit.*) le rejeta encore bien plus loin dans la série des genres, en le plaçant entre le *Chlorops* et le *Mosillus,* dont il a un peu les habitudes tranquilles.

La composition de son système nerveux, qui a cinq ganglions abdominaux, la longueur de son canal digestif, qui dépasse peu celle du corps; l'existence des bourses ventriculaires; enfin, la forme et la structure de ses antennes doivent rapprocher le *Scenopinus* des familles qui ont un rang plus élevé dans l'ordre, et, comme je l'ai déjà insinué, il offre plusieurs liens de parenté avec les Thérévides.

La seule espèce que j'aie disséquée est :

Scenopinus fenestralis. Latr.

CHAPITRE PREMIER.

APPAREIL DIGESTIF.

Quelle est la nourriture des Scénopiniens? On ne nous l'a pas encore appris. L'espèce qui a servi à mes recherches passe sa

paisible existence sur les vitres de nos maisons, où, sans doute, elle vit, comme la mouche domestique, de quelques atomes mucilagineux ou sucrés, ou d'imperceptibles immondices répandus çà et là. J'ai aussi rencontré abondamment sur les fleurs de persil un *Scenopinus*, peut-être le *Sc. niger*, qui se nourrissait du pollen.

Les *glandes salivaires* sont capillaires, simples, et ne franchissent pas le détroit thoraco-abdominal.

Le *tube alimentaire* est à peu près droit; la *panse* a un réservoir simple et ovoïde quand il est distendu, festonné ou lobé quand il est vide : son col est assez gros, comparativement à celui d'autres Diptères. Le *ventricule chylifique* a deux bourses ventriculaires oblongues : il se renfle à son entrée dans l'abdomen pour s'étrécir de nouveau. Les *vaisseaux hépatiques*, plus gros et moins longs que dans la plupart des genres voisins, sont capillaires, d'un jaune blanchâtre, se rapprochent par paires, et confluent à leur insertion, mais sans canal cholédoque; il y a là une souche sessile, ainsi que l'exprime la figure. Ceux qui se portent en avant m'ont paru plus longs que ceux dirigés en arrière; l'*intestin* est grêle; le *rectum* est ellipsoïdal avec deux seuls boutons charnus orbiculaires à sa partie antérieure et supérieure.

CHAPITRE II.

APPAREIL GÉNITAL.

ARTICLE I^er^.

APPAREIL GÉNITAL MÂLE.

Les *testicules*, rapprochés et assez grands, vu la petitesse de l'insecte, et d'un brun chocolat, sont ovoïdes, un peu atténués en arrière, et presque sessiles sur la vésicule séminale; le *conduit déférent* est, par conséquent, nul, et il faut bien considérer comme rudiment de ce conduit l'étrécissement du testicule; les *vésicules*

séminales sont deux longs boyaux capillaires qui confluent en arrière pour la formation du *canal éjaculateur*, qui est pareillement capillaire et plus long que le testicule.

L'*armure copulatrice*, au lieu d'être enchatonnée sous l'abdomen, comme dans les Syrphides et les Muscides, est placé après le dernier segment dorsal qui lui sert d'opercule. Par une compression expulsive, on voit s'étaler, comme par ressort, quatre larges panneaux ovalaires ou obtusément quadrilatères noirs, velus, bordés, au côté interne, qui est légèrement échancré, de longs cils roussâtres : les panneaux supérieurs font l'office de *forceps* et les inférieurs celui de *volselle;* à leur centre, on découvre une pièce plus petite qui n'est, sans doute, que le *fourreau de la verge.*

ARTICLE II.

APPAREIL GÉNITAL FEMELLE.

Les *ovaires* du *Scenopinus* sont deux grappes oblongues de gaînes ovigères innombrables, tri ou quadriloculaires, terminées par un ligament; le calice est central, le col assez long, l'oviducte à peine de sa longueur; les œufs à terme sont ovalaires, roussâtres ou d'un blond foncé.

La structure et la composition de l'appareil *sébifique* et *séminal* ont aussi leur trait d'originalité. Je ne saurais m'empêcher de considérer comme les analogues des *orbicelles* deux capsules, une de chaque côté, ovales oblongues, oviformes, d'un gris obscur, entourées, au microscope, d'une tunique hyaline, adhérentes par leur bout antérieur à la vésicule du réservoir séminal; cette adhérence, qui n'est certainement pas accidentelle et qui ne peut se rompre que par un certain effort, est destinée à fixer ces grosses et lourdes capsules pour les empêcher de ballotter et de se meurtrir : c'est là une explication des plus rationnelles. Au bout postérieur de chacune de ces capsules s'implante brusquement un *conduit efférent*, fin comme un brin de soie, élastique, enroulé

en boucles nombreuses, et d'une longueur qui dépasse dix ou douze fois celle du corps de l'insecte; soumis à la plus forte lentille du microscope, il offre un tube inclus, comme les conduits excréteurs en général, et avant son insertion à l'oviducte, il se dilate un peu.

Le réservoir *séminal*, car il n'y en a qu'un, mériterait tout aussi bien, je crois, le nom de *poche copulatrice;* c'est une vésicule subglobuleuse, à parois pellucides, située au centre de l'appareil, terminée en arrière par un col capillaire qui se fixe à l'extrémité postérieure de l'oviducte.

L'*oviscapte* est presque nul : il y a deux *tentacules vulvaires* d'un seul article oblong, un peu arqué, velu.

Quelques mots sur le *Lonchoptera* et le *Platypeza*.

Pour me conformer à la série générique de M. Macquart, que j'ai adoptée, je vais exposer ce que des dissections trop peu multipliées m'ont appris sur le *Lonchoptera fossarum*[1] et le *Platypeza holosericea*, Meig. deux genres contigus dans cette série.

1° *Lonchoptera*. Avant d'aborder l'anatomie, voici les observations que m'a mis à même de faire l'étude de trois ou quatre espèces de ce genre de Diptères paludicoles.

Tête subglobuleuse et non large et déprimée, comme l'avance M. Macquart, bien détachée du corselet et hérissée en dessus et en dessous de soies rares et longues; *ocelles* petits disposés en triangle sur une éminence arrondie; *yeux* ronds subhémisphériques, séparés par un très-large front; *antennes* courtes subturbinées, dirigées en avant. Le troisième article, presque globuleux et non comprimé, enchatonné dans le second, soit apical, long,

[1] Espèce nouvelle, voisine, mais distincte, des *L. riparia* et *lacustris*, Meig. En voici le signalement :

Capite albido-flavescente, subsericeo, nigro-piloso, regione ocellari antennis palporumque apicibus nigris; thoracis pallidi fascia dorsali aliaque laterali abbreviata nigris, scutello pallido, dorso nigro; abdomine supra nigro, lateribus subtusque pallido; pedibus pallidis, tarsis anticis nigris. Hab. in fossis. Long. 3 millim.

villosule : *palpes* allongés et relevés, comme dans les *Tabanus; balanciers*, remarquables par leur forme en massue allongée, bien saisie par Meigen.

Par la forme de ses *glandes salivaires*, par la longueur de son canal alimentaire, par l'absence de bourses ventriculaires, caractère anatomique d'une grande valeur, par ses vaisseaux hépatiques à deux canaux cholédoques; enfin, par la privation de ballons trachéens dans l'abdomen, le *Lonchoptera* appartient à la grande famille des Muscides acalyptérées, et se rapproche singulièrement des genres *Tetanocera* et *Helomyza*, dont il partage les habitudes et la physionomie.

2° *Platypeza*. La présence de deux bourses ventriculaires, la longueur du tube digestif, qui dépasse à peine celle de l'insecte, les insertions isolées des vaisseaux hépatiques, sont autant de traits anatomiques importants qui éloignent le *Platypeza* du *Lonchoptera*, pour le rapprocher du *Scenopinus*, et pour le colloquer avec ce dernier dans le voisinage des Thérévides.

J'ai décrit et figuré la larve fongivore et les métamorphoses du *Platypeza holosericea*. (*Annal. des sc. nat.* mars 1840.)

FAMILLE DES CONOPSAIRES.

Je me suis déjà expliqué au chapitre du système nerveux sur la fusion des Conopsaires et des Myopaires en une seule et même famille : la splanchnologie est toute à l'appui de cette fusion.

Les espèces dont j'ai étudié l'anatomie sont :

1. *Conops flavipes*. L.
2. —— *rufipes*. T.
3. —— *lucera*. Meig.
4. *Myopa ferruginea*. F.
5. *Stachynia meridionalis*. Macq.

CHAPITRE PREMIER.

APPAREIL DIGESTIF.

On trouve souvent les Conopsaires sur les fleurs, et il est vraisemblable qu'ils se nourrissent du pollen.

Les *glandes salivaires* présentent des configurations différentes suivant les genres : dans les *Conops*, elles sont uniformément capillaires et assez longues pour pénétrer dans la cavité abdominale; elles revêtent dans le *Myopa* la forme de bourses conoïdes, effilées en arrière, avec un col efférent capillaire, moins long qu'elles et brusquement inséré à leur gros bout; celles du *Stachynia* ressemblent à une capsule ovale oblongue suspendue à un col qui a trois ou quatre fois au moins sa longueur.

Le *tube alimentaire* a une fois et demie à deux fois la longueur de l'insecte; le réservoir de la *panse*, logé dans le bout renflé de l'abdomen, est simple, ovoïde ou globuleux dans le cas de sa distension. Le *ventricule chylifique* n'offre plus ici la moindre trace de bourses ventriculaires; il débute constamment par un godet, sphéroïdal dans les *Conops*, orbiculaire et ombiliqué dans les Myopaires. Il est droit et cylindroïde. Je lui ai trouvé dans le *Stachynia* quelques dilatations ou boursouflures, sans doute accidentelles.

Les *vaisseaux hépatiques* assez gros, médiocrement longs et à bouts flottants, sont grisâtres ou blanchâtres et confluent de chaque côté par paires à un *canal cholédoque*, assez long dans le *Conops*, plus court dans le *Myopa* et encore davantage dans le *Stachynia*.

L'*intestin* est filiforme et flexueux. Le *rectum* est remarquable par l'épaisseur et la consistance calleuse de ses parois. Il est globuleux dans le *C. rufipes* où j'ai constaté l'existence de quatre boutons charnus à sa moitié antérieure, oblong dans le *lacera* et dans les autres genres, sans que j'aie pu y découvrir aucun indice de ces boutons.

CHAPITRE II.

APPAREIL GÉNITAL.

La configuration bizarre de l'abdomen des *Conops* devait faire supposer des manœuvres singulières pendant l'acte copulateur. J'ai été assez heureux pour être témoin oculaire, en juillet 1838 de l'accouplement du *Conops rufipes*, dont j'avais renfermé dans un bocal de verre plusieurs individus pour mes dissections. Le mâle monte sur le dos de la femelle, qu'il tient embrassée par le corselet. Il l'excite par des attouchements, par de petits coups répétés de ses pattes. En même temps il fait glisser en se reculant, son abdomen sur celui de la femelle, il le recourbe en bas en agitant alors et la trompe et les palpes, et en faisant frémir ses balanciers. La femelle, d'abord assez froide, finit par répondre à ce prélude de caresses et se met à l'unisson de l'orgasme sexuel. Elle déroule son abdomen, de manière qu'au lieu d'être courbé en dessous il se relève en dessus pour s'unir et s'emboîter étroitement avec celui du mâle. Il se fait aussitôt une rétroversion du mâle comme font les chiens, et les deux abdomens sur une même ligne semblent n'en former qu'un seul. J'ai représenté cette union des deux abdomens. Le couple demeura ainsi attaché pendant un quart d'heure.

Il paraît que plusieurs assauts ou plusieurs copulations doivent avoir lieu pour une complète fécondation, ou qu'il y a des pontes successives, car, en disséquant une femelle qui venait de s'accoupler sous mes yeux, j'ai trouvé les gaînes ovigères et même les cols des ovaires avec des œufs à terme. Cette femelle était certainement à même de pondre.

ARTICLE Ier.

APPAREIL GÉNITAL MÂLE.

Les *testicules* des *Conops* (*lacera*), placés à la partie postérieure de la cavité abdominale, sont formés chacun par les circonvolutions agglomérées d'un seul vaisseau spermifique filiforme, brun (roussâtre dans le *rufipes*), plus long, quand il est déroulé, que le corps du Diptère. Ces organes s'insèrent directement aux points de confluence des vésicules séminales; ainsi, il n'y a pas de *conduit déférent* proprement dit, et on ne peut considérer comme tel que la partie postérieure du vaisseau testiculaire. Les *vésicules séminales*, filiformes comme ce dernier, mais moins longues, sont subdiaphanes et reployées. Le *canal éjaculateur* encore plus fin, mais du double plus court, semble un peu bulbeux à son origine.

L'*armure copulatrice* du *C. lacera* est logée sous la voûte du bout de l'abdomen. Le *forceps* est noir, velu, court, épais, avec l'extrémité des branches très-obtuse. Dans l'intervalle de celles-ci, on voit saillir un petit bouton, comme pédicellé, qui paraît s'ouvrir dans son milieu, et que je soupçonne être une *volselle*. Une compression expulsive détermine l'exsertion au delà du forceps d'une pièce oblongue brune, hérissée, au microscope, de piquants très-courts, et sur un de ses côtés une petite écaille oblongue appliquée sur sa base. C'est peut-être là un *fourreau de la verge* d'une structure insolite.

Les *testicules* du *Stachynia* sont aussi filiformes, reployés en deux ou trois boucles, roussâtres, moins longs et plus épais que ceux des *Conops*, manquant pareillement de *conduits déférents*. Les *vésicules séminales* sont allongées, plus ou moins boursouflées et ployées sur elles-mêmes. Le *canal éjaculateur* ne diffère pas de celui du *Conops*.

Ces organes ont la même forme, la même structure dans le

Myopa; seulement, les testicules, avant leur insertion aux vésicules séminales, sont adhérents entre eux, comme dans quelques Syrphides.

L'*armure copulatrice* du *Stachynia* offre une particularité remarquable de structure. Le *forceps* en fer à cheval, très-courbe et presque rond, est noir, velu. Entre ses branches est une masse oblongue, blanchâtre, charnue, dont l'axe intérieur paraît être une tige cornée, manifestée au-dehors par un trait médian noirâtre, longitudinal. Sa base est flanquée à droite et à gauche par un filet brun recourbé, et de son extrémité sort une lame longue et élastique, plus ou moins reployée, bordée d'un filet corné noirâtre, rappelant la langue des Apiaires, et finement velue en dessous. Cette lame, qui est vraisemblablement un *fourreau de la verge* analogue à celui des grandes Tipulaires et aussi à celui de quelques Muscides acalyptérées, égale en longueur la moitié du corps de l'insecte. De son bout on voit saillir par une compression expulsive une sorte de boyau charnu, qui est peut-être le *pénis*.

ARTICLE II.

APPAREIL GÉNITAL FEMELLE.

Les *ovaires* des Conopsides diffèrent de ceux des familles précédentes surtout par le nombre déterminé de gaînes ovigères et par l'absence de calice propre; ceux du *Myopa* sont deux faisceaux conico-turbinés, d'une douzaine seulement de *gaînes ovigères* allongées, multiloculaires, assez lâches, convergentes au ligament suspenseur. Le *col* est tubuleux, aussi long que l'ovaire et peut renfermer trois ou quatre œufs à terme, ce qui supplée le calice. L'*oviducte* est tout aussi grêle; mais plus court. Les *œufs* sont allongés, blancs.

La *glande sébifique* a cela de particulier qu'il y a quatre *orbicelles* à centre noir rapprochés et contigus par paires. Chacune de celles-ci a un seul col efférent capillaire. Les réservoirs consistent,

comme à l'ordinaire, en deux filets tubuleux, plus ou moins boursouflés. Le dernier segment de l'abdomen est grand, brun, ovale, velu, suivi d'une pièce étroite, débordée au milieu par deux *tentacules* vulvaires uni-articulés, oblongs, terminés par un pinceau de poils.

Les ovaires et la glande sébifique du *Conops rufipes* ressemblent en tout à ceux du *Myopa*.

FAMILLE DES ŒSTRIDES[1].

Les Œstrides, Diptères qui attaquent nos bestiaux, et dont les larves vivent dans leurs viscères ou dans leurs divers tissus, excitaient puissamment mon intérêt et ma curiosité; mais la difficulté de se procurer pour les dissections des individus ailés vivants m'a forcé à laisser dans l'exposition de mes recherches anatomiques quelques lacunes; je ne désespère pas de les combler dans le courant de la campagne actuelle.

L'existence d'un seul ganglion rachidien et de deux ballons trachéens à l'abdomen place irrévocablement les Œstrides dans cette nation sans bornes des Athéricères de Latreille, et en particulier à la tête de cette première division que M. Robineau Desvoidy a appelée les *Myodaires calyptérées*. N'est-il pas bien consolant de voir que, par un accord sublime des caractères anatomiques intérieurs avec les traits fournis par l'étude de la configuration et de la structure extérieures, ces Diptères doivent conserver le poste qu'ils occupent dans la série générique de la plupart des méthodes entomologiques? Mais, à l'époque où en est la science, on ne saurait se borner à les considérer, ni comme des genres de la famille des Muscides, ni comme une tribu des Athéricères. Ils doivent

[1] Depuis que mes recherches anatomiques sur les Œstrides ont été déposées au secrétariat de l'Académie des sciences, et pendant l'intervalle septennal qui s'est écoulé jusqu'à leur publication, la science n'est pas demeurée stationnaire. Un mémoire fort remarquable de M. le professeur Joly, de la Faculté des sciences de Toulouse, a été livré au monde savant en 1846. Pendant la correction de ces épreuves (novembre 1846), je mettrai à profit les faits fournis par l'habile scalpel de ce professeur.

constituer une famille à part, ainsi que l'ont bien jugé Meigen, Leach, Stephens, etc.

Les OEstrides ailés dont j'ai fait la dissection sont précisément du nombre de ceux auxquels les entomologistes, tant anciens que modernes, ont refusé une bouche, par conséquent la faculté d'avaler des aliments et de se nourrir, par conséquent un canal digestif et forcément un anus. Mais, grâce à Dieu, cette sentence n'est pas sans appel, non plus que celle qui avait condamné le Fourmilion a ne pouvoir pas expulser le résidu de la digestion [1], non plus que l'assertion de Ramdohr, qui dénie à plusieurs insectes un tube alimentaire que j'ai trouvé parfaitement organisé. D'un autre côté, tout en disant que les œstres avaient une vie éphémère, et l'induction était de rigueur avec une diète absolue, on leur reconnaissait un genre de vie très-actif, un bourdonnement aigu; on accordait la faculté d'engendrer à ces étalons qui, par un privilége physiologique inouï, devaient sécréter du sperme, se livrer à de vigoureux ébats, sans prendre un seul picotin, sans avaler un atome de nourriture. A tant faire que de les déshériter si injustement d'un appareil digestif, pourquoi ne pas refuser au moins aux mâles des organes reproducteurs? pourquoi ne pas déclarer les femelles à fécondité transmissible de génération en génération depuis le commencement du monde, ou fécondables par le simple contact de leurs maris impuissants? Sachez donc que les OEstrides ont un organe de la digestion, comme je le prouverai tout à l'heure.

Les espèces disséquées sont :

1. *Cephalemyia ovis.* Macq
2. *OEstrus equi.* Id.
3. *Hypoderma bovis.* Id. (larve.)

[1] *Recherches anatomiques, etc.* (*Mémoires de l'Instit. 1841.*)

CHAPITRE PREMIER.

APPAREIL DIGESTIF.

La petitesse disproportionnée de cet appareil avec la taille de l'insecte, la finesse et la texture éminemment fragile des membranes digestives, témoignent assez du peu d'énergie de la nutrition dans les OEstrides. Ces circonstances rendent très-difficultueuse la dissection de cet organe, et j'ose à peine avouer que j'ai employé six heures consécutives à mettre en évidence le canal digestif d'un seul individu de *Cephalemyia*. Mais enfin j'ai atteint positivement mon but.

Jusqu'à présent je n'ai pu découvrir dans les OEstrides ailés soumis à mon scalpel aucune trace de l'existence des *glandes salivaires*, quoique je les aie rencontrées dans quelques-unes de leurs larves.

Le *tube alimentaire* du *Cephalemyia* a environ une fois et demie la longueur du corps du Diptère. La *panse* a un col aussi gros que le ventricule, et un réservoir simple oblong, que j'ai trouvé rempli d'une bouillie blanchâtre. Cette dernière circonstance prouve, d'une part, que ce Diptère avale de la nourriture, qu'il a par conséquent une bouche, que tout le monde lui refuse, et de l'autre qu'il suce, non le sang, mais sans doute les mucosités ou les humeurs exsudées des brebis.

Le *ventricule chylifique* présente à son origine un renflement brusque, conoïde avec une sorte de bourrelet ébauché, puis il dégénère en un tube droit d'une finesse capillaire.

Les *vaisseaux hépatiques*, au nombre de quatre, à bouts flottants, sont remarquables par leur grosseur, qui surpasse de beaucoup celle du ventricule; par leurs varicosités et les festons de leurs bords. Ils sont semi-diaphanes, courts comparativement à ceux des insectes en général, s'abouchent par paire à deux *canaux cholédoques* bien prononcés. Un développement aussi considérable des

vaisseaux biliaires entraîne, comme conséquence physiologique, une grande énergie de leurs fonctions. Ils semblent suppléer à l'exiguïté du ventricule.

L'*intestin*, d'un calibre bien supérieur à ce dernier, est filiforme et flexueux. Le *rectum* très-dilaté, presque rond, a des parois diaphanes et minces avec deux boutons charnus, arrondis ou subconoïdes. Ce rectum renferme une matière excrémentitielle, blanche comme de l'amidon. Loin de s'étrécir en arrière en un col, il s'applique au contraire largement contre la portion tégumentaire, à la surface externe de laquelle se voit l'anus. Celui-ci est bien distinct, dans la femelle, de la vulve qui l'avoisine, et qui est flanquée de deux tentacules vulvaires hérissés.

Le canal digestif de l'*Œstrus* est organisé sur le même plan général que le précédent, mais il est moins grêle; le plus souvent je l'ai trouvé diaphane et sans *ingesta*. La panse, si elle existe, m'a échappé, malgré plusieurs autopsies; le ventricule chylifique a aussi à son origine ce renflement turbiné que je viens de signaler dans le *Cephalemyia;* il est variable pour son développement, et il n'est pas rare qu'il présente dans l'abdomen une dilatation; les vaisseaux hépatiques, moins variqueux, s'unissent deux à deux en un canal cholédoque court; le rectum, atténué en un col, ne m'a pas offert de boutons charnus, et il renferme aussi une pulpe fécale blanchâtre, que j'ai distinctement vue expulsée par l'anus.

Le canal digestif de l'*Œ. hæmorrhoidalis* et celui de l'*Hypoderma bovis,* disséqués par M. Joly, ont la plus parfaite analogie avec celui de l'*Œ. equi.*

APPAREIL DIGESTIF DES LARVES.

Pour le complément de l'histoire anatomique des Œstrides, je vais faire connaître l'organe digestif des larves de l'*Hypoderma bovis*, qui acquiert jusqu'à trente-cinq millimètres de longueur, et de l'*Œstrus equi*. Réaumur, dans son mémoire sur les œstres du bœuf et du cheval (*l. c.* t. IV, p. 503), a épuisé tout ce qui est rela-

tif aux formes et à la texture extérieures, au genre de vie et aux métamorphoses de ces larves: quant à l'anatomie elle était toute a faire.

Les *glandes salivaires* consistent en deux bourses oblongues ou allongées, assez grosses, munies d'un col capillaire moins long qu'elles.

Le *tube alimentaire* a une longueur qui dépasse quatre fois environ celle de la larve. Il fait dans son trajet plusieurs circonvolutions sur lui-même. L'*œsophage* a la ténuité d'un cheveu et est assez long. La *panse* a un réservoir ample, bilobé et un col moins long que dans l'insecte ailé. Le *ventricule chylifique* débute par un renflement plus ou moins turbiné, à parois épaisses et calleuses, revêtant tous les traits d'un *gésier*, surtout dans l'*Œstrus*. Ce gésier est aplati en devant, et l'œsophage s'implante à son centre. Le ventricule se continue ensuite en un tube filiforme festonné ou boursouflé, et reployé deux ou trois fois sur lui-même.

Les *vaisseaux hépatiques* assez gros, d'une longueur médiocre, plus ou moins variqueux, à bouts flottants et d'un beau jaune, s'unissent par paires immédiatement avant leur insertion; mais le canal cholédoque est imperceptible.

L'*intestin* ressemble pour son diamètre et ses boursouflures au ventricule. Il fait dans l'*Hypoderma* une ou deux circonvolutions. Il est moins long dans l'*Œstrus*. Le *rectum* n'est que peu ou point marqué.

CHAPITRE II.

APPAREIL GÉNITAL.

ARTICLE I^er^.

APPAREIL GÉNITAL MÂLE.

Je ne l'ai encore étudié que dans l'*Œstrus*.

Les testicules sont assez gros, sphéroïdaux, revêtus d'un enduit enfumé, excepté à leur bout antérieur, qui est dénudé et blanchâtre. Les *conduits déférents*, à peine plus longs que les testicules,

dont ils sont la continuation atténuée, ont la même nuance rembrunie. Il y a une paire de *vésicules séminales* de la longueur du testicule, utriculaires, arrondies, munies d'un col capillaire. Elles s'insèrent aux conduits déférents plutôt qu'elles ne le reçoivent. Le *canal éjaculateur*, grêle comme un fil, forme dès sa naissance deux anses rapprochées et se renfle à sa terminaison.

L'*armure copulatrice*, logée et enchatonnée sous le bout de l'abdomen, est arrondie. Le *forceps* a ses branches brunes, velues, oblongues, médiocrement arquées, obtuses à leur extrémité, et débordées à leur base par un crochet aigu. Dans le vide du forceps paraît une *volselle* à branches plus petites et encore moins arquées que les précédentes. Le *fourreau de la verge* s'accompagne de deux baguettes cornées courtes. Le *pénis*, dont j'ai procuré l'exsertion par une compression expulsive, est cylindroïde, charnu et blanc.

ARTICLE II.

APPAREIL GÉNITAL FEMELLE.

En automne, par un temps orageux, je saisis sur mon cheval une femelle d'*Œstrus equi* au moment où elle allongeait singulièrement son oviscapte pour pondre ses œufs sur l'épaule du quadrupède. Cette femelle était par conséquent dans un état de gestation avancée, et je m'empressai de procéder à son autopsie.

Les *ovaires* se présentent chacun sous la forme d'un faisceau ovoïde ou ellipsoïdal, plus ou moins aplati à sa face inférieure composé d'une quantité innombrable (d'une centaine au moins) de *gaines ovigères* allongées. Celles-ci m'ont paru uniloculaires: du moins je n'y ai trouvé qu'un seul œuf, malgré une gestation à terme. Le bout atténué de la gaîne, plus long que l'œuf, ne m'a offert aucune trace ni de locules, ni d'étranglements. Quand on cherche à constater le mode de connexion de ces gaînes entre elles on reconnaît que le faisceau ovarien est rameux, c'est-à-dire que les gaînes s'insèrent par un pédicelle ou col à un axe tubuleux ou tronc central qui doit être considéré comme un *calice*.

Le *col* de l'ovaire est court, mais bien marqué. L'*oviducte*, un peu plus long que lui, est cylindroïde. L'*oviscapte* est, comme dans beaucoup de Diptères, un étui à trois tuyaux engaînés et rétractiles, qui, au moment de la ponte, se désemboîtent et surpassent en longueur l'abdomen, mais il ne faut pas croire que cet instrument soit destiné à percer la peau du cheval comme le fait, d'après Réaumur, celui de l'*Hypoderme*. L'œstre pond ses œufs, que je décrirai bientôt, au milieu des poils du cheval.

La glande *sébifique* est placée, non à l'origine, mais à l'extrémité postérieure de l'oviducte, et m'a paru logée dans le premier tuyau de l'oviscapte. Je ne saurais disconvenir que je l'ai imparfaitement étudiée. Il y a deux orbicelles ovalaires, brièvement pédicellés, à centre obscur. Les *réservoirs séminaux* sont deux bourses ovales oblongues, diaphanes, atténuées en col.

Les *œufs*, d'un roux jaunâtre dans l'ovaire, deviennent d'un gris blanchâtre après avoir été pondus. Ils sont oblongs, conoïdes, sensiblement comprimés, obliquement tronqués au gros bout qui est antérieur dans la gaîne, atténués en pointe par le bout opposé: la femelle les pond isolément le long du poil du cheval, le plus souvent aux jambes. Ils sont intimement collés au poil, surtout par le gros bout. Celui-ci présente à sa troncature un opercule blanc, ovalaire, presque plane, destiné à se détacher en tout ou en partie, lors de l'éclosion de la larve, éclosion dont j'ai souvent été témoin. Ce fait très-positif confirme pleinement l'opinion du célèbre hippiatre anglais Clark, et réfute celle de Réaumur, d'après Gaspari, qui prétendait que l'œstre introduisait les œufs dans l'intestin du cheval par l'anus. Suivant Clark, c'est en léchant les endroits où les œufs avaient été déposés et où les petites larves viennnent de naître que celles-ci sont entraînées d'abord dans la bouche, puis dans l'estomac du quadrupède[1].

[1] Les ovaires, ainsi que l'appareil sébifique et séminal de l'*Œ. hæmorrhoidalis*, auraient d'après la description et les figures de M. Joly, une organisation parfaitement identique à ceux de l'*Œ. equi*. Ceux de l'*Hypoderma bovis* seraient aussi, selon ce même auteur, formés sur le même plan.

Quelle singulière, quelle étonnante manœuvre! pour accomplir cette double et inconcevable destinée!.... D'une part, obligation *indéclinatoire* du cheval d'introduire dans ses entrailles des vers qui doivent les ronger; de l'autre, mission innée d'une faible larve d'être avalée pour pouvoir vivre. Ne dirait-on pas qu'une mère dénaturée, ou pour le moins imprévoyante, a jeté ses enfants à une distance infranchissable du lieu où doivent se trouver les conditions propres au maintien de leur vie et de leur prospérité? Né au milieu des poils de la jambe du cheval, c'est pourtant dans l'intérieur de l'estomac de celui-ci qu'est la subsistance de ce ver si délicat. Il attend presque du hasard sa translation brusque et instantanée dans ce viscère. Vous allez voir comme le génie créateur a tout disposé pour le succès de ce rapt par un coup de langue. Je répète toujours avec un sentiment profond de conviction et d'admiration que, dans la structure si prodigieusement variée des insectes, il n'est pas une saillie, un poil, une ride qui n'aient une destination fonctionnelle, si l'on sait bien les interpréter. La larve de l'œstre a, dès sa naissance, plusieurs ceintures d'épines arquées et mobiles bien décrites et figurées par Réaumur. Sa bouche est armée de deux mandibules rétractiles en forme de harpons, et dans les efforts que fait ce ver pour sortir de son berceau j'ai constaté autour de son court promuscide une couronne de spinules crochues que n'a point signalée l'auteur précité. Eh bien! ces aspérités, ces harpons, servent d'abord à la jeune larve à exciter, titiller le tégument de son hôte, à y déterminer un prurit qui provoque à l'instant le lécher du cheval. Ces mêmes aspérités, ces mêmes harpons, changent aussitôt de rôle, et s'accrochent solidement à la langue du ravisseur, pour l'abandonner quand celle-ci est rentrée dans la bouche. Ces mêmes spinules, ces mêmes crocs, sont encore pour la larve, parvenue dans l'estomac, des instruments de préhension, de trituration, de reptation et de fixation.... Il faut s'humilier devant les grandes merveilles de ces petits êtres!

En ouvrant l'abdomen d'une femelle de *Cephalemyia*, je fus

frappé de voir s'échapper par l'incision un nombre prodigieux de petites larves vivantes. Je les évaluai à quatre ou cinq cents. Je reconnus bientôt que ces larves étaient renfermées dans deux grands sacs ovo-larvigères, analogues à ceux des Sarcophages, que je décrirai plus tard. Au-dessous de ces sacs, je trouvai les véritables ovaires vides sous la forme de deux faisceaux ronds munis d'un col.

Depuis Vallisnieri et Réaumur, on n'a pas cessé de répéter que l'œstre du mouton, ou *Cephalemyia*, pondait ses *œufs* dans les fosses nasales de ce quadrupède. Il était réservé à l'anatomie de prouver que ce Diptère est réellement vivipare[1].

FAMILLE DES MUSCIDES CALYPTÉRÉES.

J'avais d'abord voulu établir autant d'histoires anatomiques qu'il y a de sous-tribus dans les Muscides de M. Macquart. J'étais même fort avancé dans ma rédaction, lorsque je me suis convaincu que mon texte allait, contre mon intention, s'étendre, se dilater outre mesure. Le relevé statistique que je venais de faire de la composition du système nerveux et de l'appareil respiratoire dans toute la série des espèces disséquées, m'avait révélé un fait précieux pour la classification, c'est que, dans la vaste population des Muscides, il existe deux divisions bien tranchées. Dans l'une, il n'y a qu'un seul ganglion rachidien, et l'abdomen a toujours deux aérostats : elle embrasse les Créophiles et Anthomyzides de M. Macquart, représentés par les Calyptérées de M. Robineau-Desvoidy, dénomination plus convenable que j'ai adoptée. Dans l'autre division les aérostats abdominaux font défaut, et il y a plus d'un ganglion rachidien ; elle comprend les Acalyptères

[1] M. Joly dit ce même *Cephalemyia* ovipare. Il se fonde sur ce qu'il a trouvé de véritables œufs dans les ovaires de cet Œstride; mais il ne repousse pas l'idée que ces œufs pourraient n'être tels qu'avant la fécondation: c'est là une prudente circonspection. L'existence simultanée des sacs ovo-larvigères, que mon savant ami n'aura point vus, et des ovaires, confirme le fait de la viviparturition. J'ajouterai, pour lever tous les doutes, que ces larves intra-utérines avaient les mêmes piquants qui les caractérisent hors du sein maternel.

de M. Macquart. Ce sont là deux grandes familles que plus tard on pourra partager encore.

Les Muscides calyptérées dont j'ai étudié l'anatomie sont les suivantes, en indiquant pour l'ordre de l'exposition de mes recherches les groupes qui correspondent aux sous-tribus de M. Macquart:

TACHINAIRES.

1. *Echinomyia grossa.* Dum.
2. ——— *rubescens.* R. D.
3. *Gonia hebes.* Meig.
4. *Siphona cinerea.* Id.
5. *Eurigaster antiqua.* Macq.
6. *Masicera sylvatica.* Id.
7. *Sericocera compressa.* R. D.

OCYPTÉRÉES.

8. *Ocyptera bicolor.* Ol.

GYMNOSOMÉES.

9. *Gymnosoma rotundata.* Meig.

PHASIENNES.

10. *Phasia crassipennis.* Latr.

DEXIAIRES.

11. *Prosena sibirica.* S. Farg.
12. *Dexia rustica.* Macq.

SARCOPHAGIENS.

13. *Sarcophaga carnaria.* Meig.
14. ——— *hæmorrhoidalis.* Id

MUSCIES.

15. *Stomoxys calcitrans.* Geoffr.
16. *Idia fasciata.* Meig.
17. *Rhyncomyia ruficeps.* F
18. *Lucilia Cæsar.* Id
19. ——— *violacea.* Macq
20. *Calliphora vomitoria.* R. D.
21. *Musca domestica.* L.
22. *Pollenia rudis.* R. D.
23. ——— *cærulescens?*
24. *Curtonevra maculata.* Macq
25. ——— *pratorum.* Id.
26. ——— *hortorum.* Id.
27. ——— *stabulans.* Id.

ANTHOMYZIDES.

28. *Aricia lardaria.* Macq
29. ——— *erratica.* Id.
30. ——— *urbana.* Id.
31. ——— *impunctata.* Id.
32. *Spilogaster fossarum.*
33. *Hydrotæa dentipes.* Macq.
34. *Ophyra leucostoma* Id.
35. *Lispa tentaculata.* Latr.
36. ——— *tarsalis.* R. D.
37. *Hylemyia strigosa.* Macq.
38. ——— *fuscata.* Meig.
39. *Chortophila floralis.* Macq.
40. *Anthomyia radicum.* Meig.
41. ——— *canicularis.* F.
42. *Pegomyia blepharipteroides.* Duf.

Avant d'aborder l'anatomie de cette foule de Diptères, je vais faire connaître quelques observations générales ou particulières qui les concernent.

1. Les dissections m'ont appris que les Tachinaires, du moins les *Echinomyia*, *Gonia* et *Siphonia*, dont j'ai étudié l'appareil génital femelle, sont vivipares.

2. L'*Echinomyia rubescens*, R. D. a été connu de Réaumur (t. IV, pl. 29, fig. 9), et c'est le *Musca vivipara* de Fourcroy (*Ent. par.*).

Réaumur, qui a consacré un de ses beaux mémoires à l'histoire des mouches vivipares, signale, figure et décrit deux espèces. L'une pénètre dans nos maisons et dépose ses petits sur la viande : c'est la *mouche grise vivipare*, le *Sarcophaga carnaria* des modernes. L'autre, dit cet observateur, se trouve sur les fleurs : elle a la forme courte et renflée de la *mouche bleue de la viande;* la palette de ses antennes, au lieu d'être prismatique, comme dans la première, est lenticulaire, et la couleur du ventre est d'un brun feuille morte, avec une raie dorsale noire. Tout cela est conforme à l'*Ech. rubescens*. Mais Réaumur, séduit par le caractère vivipare de ces deux Diptères, tomba dans une erreur flagrante d'induction, en regardant comme un trait commun aux deux espèces une matrice roulée en spirale qu'il n'avait constatée que dans l'*Echinomyia*. Il a donc commis une grave méprise, comme je le prouverai bientôt, en attribuant au *Sarcophaga* une semblable matrice.

3. Le genre *Siphona*, que Latreille, induit en erreur par la forme bicoudée de sa trompe, plaça dans les Conopsaires, et que Meigen, mal inspiré, a colloqué dans sa famille des Stomoxides, devrait peut-être se rapprocher des Dexiaires, dont il a la vivacité, le genre de vie, l'organisation viscérale et la viviparturition. Il n'irait pas mal à cause de sa trompe à côté du *Prosena*.

4. Le *Phasia crassipennis*, Meig. n'est pas un mâle, comme l'a avancé M. Macquart, mais bien une femelle, ainsi que le dit avec raison M. Robineau-Desvoidy. L'anatomie de l'organe génital a jugé en dernier ressort.

5. Les Dexiaires que j'ai disséquées sont évidemment vivipares. J'ai trouvé dans leurs matrices des petits vivants et en

grande quantité. Ce fait confirme les observations de M. Robineau-Desvoidy, sur la viviparturition de ses Macropodées, qui renferment le *Dexia* et le *Prosena*.

La larve du *Dexia*, que j'ai étudiée dans le sein de sa mère, est apode, céphalée, antennée, oblongue, glabre, de douze segments, la tête non comprise, atténuée en arrière, avec deux soies anales assez longues et deux appendices rétractiles, tronqués, noirâtres; j'en donne la figure.

6. Les Muscies, dans la série des genres soumis à mon scalpel, présentent, dans leur appareil génital mâle, deux divisions fort remarquables, qui tiennent à la présence ou à l'absence des vésicules séminales; mais, ce qu'il y a de plus remarquable encore, et ce qui fournit une nouvelle preuve de la concordance qui existe entre les viscères et les signes extérieurs, c'est que les genres *Stomoxys*, *Idia*, *Rhyncomyia*, *Lucilia* et *Calliphora*, qui se suivent dans la méthode de M. Macquart, forment la division où les vésicules séminales existent, et les *Musca*, *Pollenia*, *Curtonevra*, celle où ces mêmes vésicules manquent.

7. Les Anthomyzides offrent la même division anatomique que les Muscies. Dans celles-ci, ce sont les derniers genres de la sous-tribu qui manquent de vésicules séminales, tandis que, dans les Anthomyzides, ce sont les premiers. Ce signe négatif est, comme on voit, favorable dans ce cas à la série générique, mais non à la délimitation des sous-tribus; en sorte que, en ne consultant que ces organes, les genres pourvus de vésicules devraient appartenir à un groupe, et les autres à un autre. Je suis loin de prétendre qu'il doive en être définitivement ainsi; mais, à mesure que les faits de ce genre se multiplieront, ils pourront prêter leur concours à la classification. Quoi qu'il en puisse advenir, j'ai constaté l'absence de ces vésicules dans les genres *Aricia*, *Hydrotea* et *Ophyra*, et leur présence dans les genres *Lispa*, *Hytemyia* et *Anthomyia*.

8. Les individus nombreux du *Lispa*, que je crois être le *Tarsalis* R.-D. (*Myod.* p. 526), et que j'ai disséqués, appartenaient tous

a des mâles, et ceux du *Tentaculata* tous à des femelles. J'ai la conviction intime qu'ils ne sont que les deux sexes d'un même type, d'une même espèce. Je les ai pris l'un et l'autre dans la même localité, dans le même instant. Ils n'habitent pas toujours les bords des rivières ou des flaques d'eau; je les ai souvent trouvés dans les allées de mon jardin, après un jour de pluie il est vrai.

Les tarses antérieurs du *Tarsalis* sont tantôt entièrement roussâtres, tantôt avec le premier article noir et le dernier obscur. Ces tarses sont un peu irréguliers à cause de l'insertion excentrique du second article sur le premier; celui-ci est plus gros et du double plus court que le second; ce qui est contraire dans les autres pattes. Ce second article est comme flexueux. Les cuisses antérieures sont velues, légèrement cambrées; les autres sont glabres et droites.

CHAPITRE PREMIER.

APPAREIL DIGESTIF.

Les Muscides calyptérées fréquentent, pour la plupart, les fleurs, et s'y nourrissent, soit du pollen, soit des sucs mielleux; d'autres recherchent les substances mucilagineuses, sucrées, etc.

Les *glandes salivaires* ont en général une ténuité presque capillaire et une longueur qui varie suivant les espèces. Dans l'*Ech. grossa* et le *Gonia*, elles sont beaucoup plus longues que le corps, et se roulent, à l'issue de la tête, en un peloton compacte ovale ou oblong. Ce dernier est favorable à la stase, à l'élaboration de la salive; il tient lieu de réservoir. Dans les *Dexia*, *Lucilia violacea*, *Pollenia*, le vaisseau salivaire offre une agglomération lâche. Il atteint à peine le milieu de l'abdomen dans l'*E. rubescens*, le *Sericocera*, les *Siphona*, *Ocyptera*, *Gymnosoma*, *Prosena*, *Stomoxys*, *Idia*. Celui des *Sarcophaga* offre près de la tête une dilatation ellipsoïdale, un véritable *réservoir salivaire*. Dans le *Lucilia Cæsar*,

on trouve en même temps, et le réservoir de la sarcophage, et le peloton compacte de l'*E. grossa*. C'est là un perfectionnement organique digne de remarque. Enfin, ce vaisseau est fort long et très-flexueux dans les *Rhyncomyia*, *Musca*, *Cartonevra*, *Calliphora*, *Hylemyia*, *etc.*

Le *canal alimentaire* a, en général, une longueur qui surpasse de trois, de quatre et même de cinq fois celle de l'insecte, de deux fois seulement dans les *Eurigaster*, *Masicera*, *Dexia*, *Prosena*. La *panse* a un réservoir bilobé. Le *ventricule chylifique* débute, dans tous, par un godet orbiculaire ombiliqué : ce trait ne se dément jamais; puis il se continue en un conduit cylindroïde ou filiforme d'une même venue partout, tantôt enroulé en une, deux ou trois circonvolutions, tantôt se bornant, comme dans les *Eurigaster*, *Masicera*, à une seule anse ou à de simples flexuosités dans les *Dexia*, *Prosena*.

Les *vaisseaux hépatiques*, en général jaunes, longs, plus ou moins variqueux, parfois subgranuleux, s'unissent par paires, à deux *canaux cholédoques* bien marqués. Ceux-ci sont, exceptionnellement dans l'*Ocyptera*, d'une telle brièveté, qu'ils paraissent nuls. Ces vaisseaux, dans les *Gonia*, *Siphona*, *Eurigaster*, *Masicera*, *Sericocera*, *Prosena*, sont bien plus courts et plus gros.

L'*intestin*, d'abord grêle et filiforme, se renfle en un *rectum* assez gros, ayant ordinairement, à sa moitié antérieure, quatre boutons charnus orbiculaires ou pyramidaux. Je n'ai trouvé que deux de ces boutons dans l'*Eurigaster*. Il n'en existe pas dans les *Dexia* et *Prosena*. Ce caractère négatif n'est pas sans valeur.

CHAPITRE II.

APPAREIL GÉNITAL.

ARTICLE Ier

APPAREIL GÉNITAL MÂLE.

Les *testicules* du plus grand nombre de ces Muscides sont d'un brun marron ou chocolat; les *Echinomyia*, *Gonia*, *Eurigaster*,

sont les seuls genres où j'ai trouvé ces organes blancs, ou d'un jaune très-pâle. Les Tachinaires les ont, en général, sphéroïdes, terminés par une sorte de bec droit, qui ne semble que la tunique testiculaire vide et contractée. J'ai même vu, dans quelques individus du *Siphona*, où ces organes étaient sans doute fort turgescents, ce bec entièrement effacé. Il n'existe pas dans le *Sericocera*. Le testicule de l'*Eurigaster* est tantôt étranglé dans le milieu comme une calebasse, tantôt oblong; allongé, parfois fusiforme dans les *Ocyptera*, *Sarcophaga*, *Rhyncomyia*; oblong dans les *Aricia*, *Lispa*; ovoïde ou puriforme dans le *Gymnosoma*, les Muscies et le plus grand nombre des Anthomyzides. Les Muscies, pourvues de vésicules séminales, comme les *Stomoxys*, *Idia*, *Rhyncomyia*, *Lucilia*, *Calliphora*, ont une texture tout à fait exceptionnelle de cet organe; il a, indépendamment de sa tunique propre colorée, une enveloppe extérieure accessoire, incolore, d'un tissu charnu plus ou moins condensé.

Les *conduits déférents* sont capillaires; un peu plus longs que les testicules dans la plupart des Tachinaires, dans les *Ocyptera*, *Gymnosoma*, *Lucilia* surtout, *Calliphora*; bien plus courts et bruns dans les *Siphona* et *Lispa*; aussi courts mais incolores dans les *Idia*, *Rhyncomyia*, *Sarcophaga*, *Musca*, *Curtonevra*, *Aricia* et les autres anthomyzides; presque nuls dans le *Prosena*.

Les *vésicules séminales*, quand elles existent, sont toujours simples pour chaque côté. Elles reçoivent les conduits déférents immédiatement avant leur confluence pour la formation du canal éjaculateur. Elles sont ovales ou elliptiques dans l'*Ech. grossa*, les *Eurigaster*, *Sericocera*, *Gymnosoma*, *Rhyncomyia*, *Hylemyia*, *Strigosa*; allongées, filiformes, plus ou moins repliées dans l'*Ech. rubescens*, les *Sarcophaga* et *Lispa*; longues et presque capillaires dans l'*Ocyptera*; en massue et courbées en crosse dans le *Prosena*; simplement oblongues dans les *Idia*, *Lucilia*, *Calliphora*. Rappelons-nous qu'une division des Muscides et des Anthomyzides, ainsi que je l'ai dit, manque de vésicules séminales; ce sont les *Musca*, *Pollenia*, *Curtonevra*, *Aricia*, *Hydrotea*, *Ophira*, et partie des *Hylemyia*.

Le *canal éjaculateur* est filiforme et médiocrement long dans les Tachinaires, les *Ocyptera, Gymnosoma, Idia, Rhyncomyia, Lispa, Hylemyia strigosa, Anthomyia;* bulbeux à son origine dans les *Gonia, Eurigaster, Sarcophaga.* Ce bulbe est oblong dans les *Lucilia, Calliphora.* Dans les Muscides calyptérées, privées de vésicules séminales, le canal éjaculateur reçoit directement à son origine les conduits déférents, et il se fait remarquer par ses flexuosités et sa longueur. Celle-ci égale sept à huit fois celle du testicule. Ces deux conditions de la longueur et des replis suppléent à l'absence des vésicules en fournissant au sperme récemment secrété l'occasion de s'élaborer par son séjour et par ses balancements organiques.

Je ne m'explique pas l'énorme différence qui existe entre les appareils génitaux mâles de l'*Hylemyia fuscata* et de l'*H. strigosa.* Dans cette dernière espèce, il existe deux vésicules séminales ovoïdes et un canal éjaculateur de longueur médiocre, tandis que l'*H. fuscata* rentre dans la série des Muscides privées de ces vésicules et pourvues d'un canal éjaculateur fort long et très-flexueux. Cette longueur dans l'*H. fuscata* égale deux fois celle de tout son corps. Cet appareil ressemble trait pour trait à celui du *Curtonevra maculata.* Une si grande dissemblance organique porterait à croire que nos deux *Hylemyia* n'appartiennent pas à un même genre, et cependant, en étudiant comparativement leurs traits extérieurs, on ne saurait se refuser à leur identité générique. Dans mes dissections de l'*H. strigosa*, qui datent de sept à huit ans, aurais-je commis quelque méprise? Je le crains.

L'*armure copulatrice*, organe des distinctions spécifiques, est, dans toutes ces Muscides, logée, enchatonnée sous le bout de l'abdomen. Lorsqu'elle entre en exercice, elle peut se débander comme un ressort. On la met facilement en évidence par une compression expulsive de l'abdomen. Son extrémité, qui regarde en arrière, s'engage plus ou moins, dans le repos, entre ou sous des pièces particulières qui dépendent du dernier segment ventral, et qui servent à la retenir. Pour compléter mon travail sur ce point, je devrais décrire toutes les armures des Muscides disséquées. Une

semblable monographie m'entraînerait beaucoup trop loin, et je me bornerai à l'exposition succincte de quelques types.

L'armure de l'*Ech. rubescens* étudiée par sa face externe se compose : 1° d'une pièce *basilaire* subannulaire coriacée; 2° d'un *forceps* à branches oblongues noirâtres, velues, tronquées au bout, mais articulées avant avec une pièce triangulaire velue, faisant l'office de crochet; 3° d'un *fourreau de la verge* allongé, corné-membraneux, avec quelques aspérités, terminé par deux pointes brunes à peine courbées.

Celle du *Sericocera* a une singulière complication. Le *forceps* a ses branches grosses, velues, très-écartées, terminées en pointe simple et droite. La *volselle*, enchassée à la base du forceps, est aussi longue que lui, et composée de deux lames adossées. Elle se dilate à sa base, qui est velue et échancrée en demi-lune, puis elle est effilée et droite avec sa pointe bifide. Le *fourreau de la verge* a une configuration insolite, qui doit faire supposer de bien curieuses manœuvres dans l'union des sexes. Il est rétréci à son origine, qui est flanquée d'une sorte de balancier formé d'une tige subsinueuse, poilue à son extrémité. Puis il est ventru, ellipsoïdal, et se termine par deux crochets pointus divergents, inclinés sur les côtés, et entre lesquels est l'orifice qui donne issue au *pénis*.

Sa composition dans l'*Ocyptera* est anormale et il n'est pas facile d'adapter aux diverses pièces constitutives la nomenclature ordinaire. Dans son ensemble, elle est arrondie. Le *forceps*, qui forme à l'extérieur un demi-cintre, est un arc de cercle très-ouvert. Ses branches noires et velues sont obtuses à leur extrémité. Entre ces branches est enclavée une grande pièce arrondie, modérément convexe, velue, de couleur ambrée, terminée brusquement en arrière par un petit bec droit refendu au bout. Cette pièce semble l'analogue de celle que j'ai appelée *volselle* dans le *Sericocera* mais elle n'est pas composée de deux moitiés semblables, circonstance qui me la ferait plutôt regarder, sinon comme un *fourreau*, du moins comme un réceptacle de la verge. Entre elle et le forceps, on voit de chaque côté une plaque blanchâtre, glabre, cornée, terminée

par un bout particulier noir et velu. Mais outre cela il y a en dessous des pointes, des lames, des crochets, dont je n'ai encore saisi ni les connexions, ni les attributions.

L'armure du *Sarc. hæmorhoidalis*, envisagée dans son ensemble, forme un corps arrondi. La pièce *basilaire* coriacée, convexe, velue et d'un roux fauve luisant, forme le bout de l'abdomen. Elle offre en arrière une profonde échancrure à angle aigu ou en V, au fond de laquelle s'ouvre l'anus. Le *forceps* est noir, à deux branches mandibuliformes glabres, presque droites, à pointe aigue, mais fort courte. De la base du forceps partent deux tiges courtes, oblongues velues, de même couleur et de même consistance que lui, faiblement arquées, adossées ensemble par leur convexité et enclavées dans l'échancrure de la pièce basilaire. Ces deux tiges appartiennent peut-être à une *volselle* incomplète. Au centre de l'appareil, est le *fourreau de la verge*, du moins je ne saurais lui donner une autre dénomination. Il est oblong, corné, noirâtre, glabre, tronqué au bout, avec une ligne médiane enfoncée qui semble indiquer deux moitiés semblables. Les côtés ont, au milieu, une légère saillie dentiforme. Une forte compression expulsive exercée sur le fourreau détermine la saillie de deux lames subtriangulaires qui m'ont paru être les panneaux de l'ouverture par où doit sortir le *pénis*. Au-dessous du bout tronqué on découvre de chaque côté un crochet glabre, très-courbe, terminé par une spatule arrondie, où le microscope décèle de fines aspérités marginales. A la racine inférieure ou, si l'on veut, interne du fourreau, il y a à droite et à gauche une paire de crochets arqués et pointus dont le plus postérieur est plus fort que l'autre. Les pointes du forceps se trouvent, dans la condition du repos, en regard de deux tiges cornées, velues dans une portion de leur bord interne et faisant partie de la dernière plaque ventrale. Comme on le voit, cette armure a une curieuse constitution. Nous sommes encore bien loin d'être fixés sur le rôle respectif de tous ses ressorts.

Parmi les Muscies, l'*Idia* a une armure petite, ovalaire, brune, glabre, armée en dessous de quatre stylets noirs, presque droits,

dont deux appartiennent sans doute au forceps et les deux autres au fourreau. Le dernier segment ventral a deux crochets arqués qui combinent leur action avec les stylets.

Cette armure est aussi ovalaire dans le *L. Cæsar*. La pièce basilaire noire, de texture tégumentaire, hérissée de longs poils, présente en arrière une grande échancrure à angle aigu, où s'ouvre l'anus. Le *forceps* a ses branches brunes, glabres, fines, pointues, un peu courbées à leur extrémité, logées entre deux panneaux oblongs et inermes du dernier segment ventral. Le fourreau est formé par l'adossement de deux lames étroites, brunes, pointues.

Celle du *Calliphora* est bien plus allongée que la précédente, et son extrémité est dans une grande échancrure voûtée du dernier segment du ventre; la pièce basilaire est presque carrée. Les branches du *forceps*, hérissées de quelques poils, sont arquées et terminées par un bout en cueilleron. Le fourreau, aussi long que le forceps, est formé de deux tiges presque droites.

L'armure du *Curt. maculata* est fort petite. La pièce basilaire est un bourrelet transversal un peu arqué, velu, coriacé. Les branches du forceps, courtes velues et subtriangulaires, se terminent par un cueilleron d'un brun luisant séparé du corps de la branche par un petit étranglement où il y a une articulation linéaire favorable à ses mouvements. Deux lames lancéolées conniventes formeraient le fourreau.

Parmi les Anthomyzides, le *Lispa* a l'armure ovalaire. La pièce basilaire est un bourrelet noir, coriacé, velu, courbé en demi-cercle et obtus à ses extrémités, avec une articulation linéaire au milieu. Le forceps est formé de deux larges panneaux coriacés, blonds, velus, contigus, échancrés au bout avec l'angle interne prolongé en pointe. De dessous l'échancrure, sort un stylet grêle, noir, pointu, comme flexueux, qui appartient peut-être à une *volselle*. Le dernier segment ventral offre ici une plaque trifide où se logent les stylets.

Celle de l'*Hylemyia strigosa* ressemble à la précédente par la forme de sa pièce basilaire, mais les branches du forceps sont

légèrement courbées pour former la pince. Les pointes de celle-ci s'engagent, dans le repos, entre deux plaques ventrales oblongues bordées extérieurement de longues soies.

ARTICLE II.

APPAREIL GÉNITAL FEMELLE.

Cet appareil va nous offrir dans les Muscides calyptérées une configuration, une composition qui ne se sont pas présentées dans les familles précédentes. Jusqu'ici, si nous en exceptons quelques Œstrides (qui sont aussi calyptérées), les œufs, après avoir acquis dans les gaînes ovigères tout leur développement, descendaient dans le calice pour y compléter leur maturité, et étaient pondus au-dehors en passant par l'oviducte. Nous allons trouver maintenant des genres *vivipares* et d'autres *ovipares*, par conséquent des organes femelles de la génération fort dissemblables.

Dans les Tachinaires, les œufs à terme sont déposés dans un organe particulier placé à la suite de l'oviducte, où ils sont destinés à éclore avant d'avoir vu le jour; en sorte que les femelles sont alors *vivipares*. D'après ces attributions physiologiques, j'ai désigné cet organe sous le nom de *réservoir ovo-larvigère*. Ce serait une matrice. Décrivons l'appareil dans l'*Ech. grossa*.

Les *ovaires* sont deux rondelles ou plateaux déprimés, garnis de rangées circulaires de *gaînes ovigères*, multiloculaires, innombrables, dont les pointes effilées convergent au centre du plateau. Les séries extérieures sont les premières fécondées et les plus grosses; aussi forment-elles une sorte de bourrelet. Ces réceptacles de la progéniture sont maintenus en place par de nombreuses rênes trachéennes fournies à chacun d'eux par deux ou trois troncs de ces vaisseaux aérifères. Les *cols* des ovaires sont courts, grêles, mais renflés à leur origine. Ils confluent en arrière pour la formation de l'*oviducte*, qui est plus long qu'eux, mais uniformément grêle. Le *réservoir ovo-larvigère* suit immédiatement et directement l'oviducte. C'est un long boyau déprimé, roulé sur

lui-même, de manière à former trois tours de spire, et tout couvert à l'extérieur de points en relief arrondis, régulièrement disposés, soit en long, soit en travers. Il renfermait, dans les individus dont j'ai fait l'autopsie, une quantité prodigieuse, des milliers d'œufs à terme, petits, grêles, allongés, étroitement pressés les uns contre les autres, mais non entassés, fixés par un bout aux parois du boyau. Ces bouts, par leur légère saillie au dehors, forment ces points ronds dont je viens de parler. Si l'on déchire ce réservoir pour étudier le mode d'insertion des œufs, on voit, dans les lambeaux, qu'ils y adhèrent par un seul bout, de manière à paraître pendants, absolument comme les papilles qui revêtent le dessous du chapeau des champignons du genre *Hydnum*. Il résulte de cette disposition des œufs, que leurs bouts libres correspondent à l'axe fictif du boyau. Le réservoir ovo-larvigère se termine à la *vulve*, et avant la fécondation il forme un conduit qui peut être considéré comme un *vagin*.

Le phénomène organique de la fixation des œufs par un seul bout et par séries contre les parois internes de ce réservoir tubuleux est sans doute en partie sous la dépendance de la glande sébifique, que j'examinerai bientôt, mais il tient aussi à des affinités vitales intimes, à des lois secrètes d'organisme qu'il n'est pas encore permis de formuler.

Je n'ai pas eu occasion de constater la présence des larves dans le réservoir ovo-larvigère de l'*Ech. grossa*, parce que sans doute les femelles que j'ai disséquées n'étaient pas assez avancées dans la gestation. Mais dans l'*Ech.*, *rubescens*, où il existe un semblable réservoir avec les mêmes connexions, j'ai rencontré, en même temps, et des larves vivantes et d'autres à demi écloses, et des œufs entiers et des coques d'œufs vides. J'ai trouvé ce réservoir farci de larves dans le *Siphona* et le *Gonia*. Enfin, je n'hésite pas à répéter que toutes les Tachinaires sont vivipares, et ce fait nouveau est acquis à la science par les études anatomiques.

Dans le *Gonia*, le réservoir ovo-larvigère est plus long que celui des *Echinomyia*, filiforme et très-reployé. Les œufs à terme

sont ovales, pointus par un bout et d'un noir profond. Les ovaires du *Siphona*, au lieu d'être en rondelles, comme dans les genres précédents ont leurs gaînes ovigères, disposées en un faisceau oblong, et le réservoir ovo-larvigère est moins long que dans les Échinomyies.

Passons à l'appareil *sébifique et séminal*. Puisque les Tachinaires sont vivipares, qu'était-il besoin d'une glande destinée à enduire les œufs d'un vernis préservatif ou conservateur? Et cependant cette glande existe avec toutes les conditions d'un organe sécréteur comme dans les Diptères ovipares. Mais l'anatomie vient de nous apprendre que si les Tachinaires ne pondent pas des œufs au dehors, elles les pondent au dedans du corps, et que ces œufs, pour se rendre au réservoir ovo-larvigère, où ils doivent subir une incubation jusqu'à la naissance des larves, ont nécessairement à passer sous l'orifice excréteur de cette glande, pour y recevoir l'ablution sébacée? N'avons-nous pas vu encore qu'indépendemment d'un séjour dont nous ignorons la durée, les œufs sont collés par un de leurs bouts aux parois du réservoir ovo-larvigère. Ces circonstances, bien comprises, ne sont-elles pas faites pour confirmer notre opinion sur les fonctions sébifiques de cette glande?

Dans l'*E. grossa* la *glande sébifique* a pour organe sécréteur trois *orbicelles* ovalaires à centre largement noir, contigus et sessiles, sur un col excréteur commun d'une excessive brièveté. Les *réservoirs séminaux* sont deux bourses en massue allongée, insérées à droite et à gauche du col précédent, insertion fort remarquable, parce qu'elle ne se fait pas immédiatement sur l'oviducte. Dans l'*E. rubescens* les orbicelles sont arrondis, munis de cols efférents bien marqués. Ceux du *Gonia*, plus grands et ovales, avec du gris au centre, sont longuement pédicellés, avec des réservoirs séminaux, filiformes et flexueux. Le *Siphona* ressemble par l'appareil sébifique et séminal plutôt aux Dexiaires, auxquelles j'ai déjà dit qu'il pourrait se rallier, qu'aux Tachinaires. Les orbicelles, au nombre de deux seulement, sont sphéroïdes et entièrement noirs comme dans le *Prosena* et le *Dexia*. On les croirait sessiles sur l'ovi-

ducte, mais ils n'y sont qu'adhérents, on peut les en détacher, et mettre en évidence leurs longs cols capillaires, d'abord courbés en anse. Les réservoirs sont ovoïdes, avec un col plus long qu'eux.

Il est bien évident, d'après la forme et la composition des organes génitaux femelles des *Gymnosoma*, que ces Diptères ne sont pas vivipares. Mes dissections me permettent même d'annoncer qu'ils ne doivent pas pondre un grand nombre d'œufs. Les *ovaires* sont arrondis ou turbinés, formés chacun d'une douzaine environ de *gaînes ovigères* quadri ou quinqueloculaires. Le *calice* est peu apparent; le *col*, tubuleux, de la longueur de l'ovaire; l'*oviducte*, d'abord filiforme, puis dilaté en un *réservoir ovigère* qui remplace le calice, et que nous retrouverons désormais mieux conditionné. L'appareil *sébifique* et *séminal* a trois *orbicelles* subglobuleux, rapprochés, grisâtres, avec le centre plus blanc, ce qui est l'opposé de presque tous les autres, munis d'un col capillaire de peu de longueur. Les *réservoirs séminaux* sont oblongs, avec un col très-fin et court. Les *œufs* à terme ont une configuration singulière. Ils sont hémisphériques, plats en dessous, roux, avec un bourrelet circulaire blanc.

L'*ovaire* du *Phasia* présente avec le précédent plusieurs traits de ressemblance, qui prouvent leur affinité générique. Il n'a que sept à huit *gaînes ovigères* et celles-ci ne sont que biloculaires, en sorte que le *Phasia* pond encore moins d'œufs que le *Gymnosoma*, ce qui nous explique la rareté des Phasiennes. L'*oviducte* est moins long et se termine par un *réservoir ovigère*. La *glande sébifique* a la même composition, mais les *orbicelles* sont bruns au centre. Les œufs sont en segment de sphère, mais sans bourrelet.

J'ai acquis la certitude, par l'étude de l'appareil génital femelle dans ses divers états de gestation, que les Dexiaires, ou du moins les genres soumis à mon scalpel, sont vivipares. Dans la méthode naturelle, il conviendrait de les placer à la suite des Tachinaires. La conformité anatomique de cet appareil dans le *Dexia* et le *Prosena* légitime pleinement le rapprochement de ces deux genres, malgré l'énorme différence respective de leurs trompes. Dans

l'individu du *Dexia*, dont j'ai dessiné les *ovaires*, ceux-ci étaient vides, tandis que le réservoir ovo-larvigère était plein d'œufs et de larves. Cette femelle touchait donc au terme de sa délivrance complète. Ces ovaires étaient ovalaires ou conoïdes, composés d'une vingtaine environ de *gaînes ovigères* multiloculaires. Le *col* est court, l'*oviducte* tubuleux, cylindrique, suivi d'un réservoir ovo-larvigère, qui n'est ni comprimé, ni roulé en spirale comme celui des Échinomyies, mais allongé cylindroïde ou fusiforme, flexueux ou simplement courbé en anse. Les *œufs* sont oblongs ou allongés blancs.

L'appareil sébifique ou séminal inséré à la terminaison de l'oviducte a trois *orbicelles* ovalaires entièrement bruns, contigus sur une même série et sessiles en apparence. Quand on cherche à constater leur mode de connexion, on s'assure qu'ils ont un col efférent plus délié qu'un cheveu et reployé sous l'orbicelle. Les *réservoirs séminaux* sont deux bourses en massue, atténuées en un long col qui s'insère à côté des conduits efférents précédents. Leur bout adhère fortement aux cols des ovaires, circonstance qui rend très-difficile leur dissection.

Les *ovaires* du *Prosena*, que j'ai surtout étudiés à cette période de la gestation où ils étaient complétement garnis d'œufs, sont ovoïdes, composés d'un nombre indéterminable de *gaînes ovigères* multiloculaires. Le *col* et l'*oviducte* sont encore plus courts que dans le *Dexia*. Les *œufs* et le *réservoir ovo-larvigère* ressemblent en tous points à ceux de ce dernier genre. Les *tentacules vulvaires* sont velus, ovalaires, d'un seul article. L'appareil sébifique et séminal se compose des mêmes parties que dans le *Dexia*.

Quand l'observation directe ne nous aurait pas appris que les Sarcophagiens sont vivipares, l'existence d'un vaste réservoir ovo-larvigère nous en eût donné la certitude; mais ce réservoir a ici une configuration bien différente de celle des familles précédentes, et elle constitue leur trait anatomique le plus distinctif. Ce n'est pas un réservoir unique plus ou moins allongé ou enroulé, mais un bissac, une double matrice.

Les *ovaires*, placés au-dessous du bissac dont je viens de parler, consistent chacun en un faisceau arrondi, ou conoïde, de gaînes ovigères innombrables, multiloculaires, terminées par un fin ligament suspenseur. Leur *col* est tubuleux, presque de leur longueur. L'*oviducte*, plus long que les cols, s'abouche brusquement au canal éducateur du bissac ovo-larvigère. Les *œufs*, arrondis dans l'ovaire, deviennent oblongs quand ils sont à terme. Le *bissac ovo-larvigère*, lorsqu'il est bien rempli par les produits de la fécondation, se présente sous la forme de deux énormes bourses arrondies, contiguës, dont l'enveloppe est une fine membrane pellucide, qui permet de reconnaître dans son intérieur les œufs ou les larves. J'y ai compté à la fois plus de deux cents de ces dernières; mais la configuration de ces bourses varie suivant leur degré de réplétion. J'ai cru parfois qu'il n'y existait qu'un seul réservoir plus ou moins échancré en arrière. Chacun des sacs a un col fort court, qui s'unit bientôt à son congénère pour former le *conduit éducateur*, qui, après avoir reçu l'oviducte, va s'ouvrir à la *vulve*.

L'appareil sébifique et séminal ressemble, trait pour trait, à celui des Dexiaires; il s'insère à l'oviducte, immédiatement avant l'embouchure de ce dernier au conduit éducateur du bissac ovo-larvigère. L'organe sécréteur se compose de trois *orbicelles* ovoïdes à centre brun, paraissant sessiles, mais munis d'un col fusiforme plus long qu'eux; les *réservoirs* sont deux bourses ovalaires atténuées en un col de leur longueur.

L'absence d'un réservoir ovo-larvigère dans les Muscies nous donne la certitude que ces Diptères ne sauraient être qu'ovipares. Je prendrai, pour type de la description de l'appareil génital femelle de ce groupe, celui du *Lucilia Cæsar*.

Les *ovaires* consistent en deux plateaux orbiculaires, qui, dans un état avancé de gestation, occupent presque toute la cavité abdominale. Les *gaînes ovigères*, innombrables et bi ou triloculaires, y sont rangées par séries circulaires pressées et concentriques. Comme la série extérieure est la seule qui paraisse sur la tranche

du plateau et qu'elle est la plus développée à l'époque de la gestation, le disque de la rondelle, légèrement déprimé, apparaît couvert de points ronds qui ne sont que les bouts saillants des œufs. Le *col* de l'ovaire est court, tubuleux, latéral; l'*oviducte* est aussi tubuleux, mais plus long; les *œufs* à terme sont allongés.

L'appareil sébifique et séminal, placé à l'extrémité postérieure de l'oviducte, a trois orbicelles à centre noir, à peu près sessiles dans le *Calliphora*, munis, dans les autres genres, d'un long col efférent capillaire. Les réservoirs séminaux ressemblent à la plupart de ceux des familles précédentes; ce sont deux boyaux simples dont les bouts renflés adhèrent aux cols des ovaires, tandis que, du côté opposé, ils s'étrécissent pour s'implanter conjointement avec les cols efférents. Ceux du *Lucilia Cæsar* ont un petit col capillaire; ils sont tout à fait filiformes dans le *L. violacea*.

A en juger par la forme et la composition des ovaires, le genre *Rhyncomyia* ne devrait pas rester dans le groupe des Muscies, quoique, sans doute, il s'y rallie par des traits extérieurs; ses ovaires sont ovales-oblongs, de dix à douze gaînes ovigères seulement, uniloculaires. Le *col* est court, non latéral, et l'*oviducte* assez long. Celui-ci offre, vers sa terminaison, un corps particulier, arrondi et épais, un *réservoir ovigère;* les *œufs* sont ovales, obtus, blancs. L'appareil sébifique et séminal, comparé à celui des autres Muscies, ne présente pas la même dissemblance que les ovaires; il a au contraire avec elles la plus grande analogie de composition. Il y a, pour la sécrétion, trois *orbicelles* ovalaires, noirs, dont la tunique, d'une certaine épaisseur, est diaphane, et qui ont des cols capillaires assez longs, doublement fléchis à leur origine. Les réservoirs séminaux sont en massue allongée et adhèrent par leur bout au col des ovaires, comme à l'ordinaire. Par une compression expulsive, on voit saillir, au bout de l'abdomen, une pièce ovale triangulaire bordée de chaque côté par quatre ou cinq soies noires arquées. Cette pièce fait supposer quelque manœuvre particulière lors de la ponte des œufs.

L'appareil génital femelle des *Anthomyzides* n'offre pas moins de différence que l'organe mâle dans les divers genres de ce groupe, et, sous ce rapport anatomique, la série de ceux-ci aurait quelques mutations à supporter.

Les *ovaires* de l'*Aricia urbana*, loin d'être en plateaux arrondis comme dans beaucoup de Muscies, sont en faisceau ovalaire ou oblong, assez lâche, de douze *gaînes ovigères*, allongées et triloculaires. Le *calice* est postérieur; le *col* fort court. L'*oviducte*, d'abord grêle, grossit ensuite pour devenir réservoir ovigère. L'appareil *sébifique et séminal* se compose de trois *orbicelles* ovalaires noirs, subsessiles, et de trois *réservoirs* en petits boyaux oblongs.

On trouve une tout autre conformation d'*ovaires* dans l'*Hydrotea*, insecte qui ressemble tant à la *mouche domestique*. Ils sont en plateau orbiculaire comme dans celle-ci.

Ceux de l'*Ophyra* ont des gaînes ovigères disposées comme dans le *L. Cæsar;* mais le plateau, au lieu d'être rond, est ovale. Le *col* est postérieur et court; l'*oviducte*, plus long, et les *œufs*, blancs et oblongs. L'appareil *sébifique et séminal* a pour la sécrétion trois *orbicelles* noirs, ovales, sessiles. Les *réservoirs* sont deux boyaux allongés, adhérents par un bout au col des ovaires, comme dans les Muscies.

Le *Lispa*, insecte de mœurs si particulières, va nous offrir dans ces organes des traits curieux de structure. Ses *ovaires*, loin de ressembler à ceux des *Hydrotea* et *Ophyra*, ont la plus grande analogie avec ceux de l'*Aricia*. Chacun d'eux est un faisceau ovalaire de quinze à vingt *gaînes ovigères*, allongées, multiloculaires. Le *calice* et le *col* ne diffèrent pas de ceux de ce dernier genre; mais l'*oviducte* est long, filiforme et aboutit en arrière à un *réservoir ovigère* oblong, à parois comme calleuses.

Les *œufs* de la lispe ont une structure dont je n'ai pas vu d'autre exemple dans les Diptères. Ils sont grands, vu la taille de l'insecte, oblongs, plus ou moins cambrés, d'une teinte roussâtre. Ils ont une face convexe, finement striée, suivant sa longueur, et une face plane ou déprimée, parcourue par deux nervures sub-

marginales, parallèles, terminées au bout antérieur par une spatule arrondie, débordant ce bout, élégamment bordée de longues soies arquées, au bout postérieur, par deux petites pointes sursaillantes subulées. Quel investigateur des habitudes de ce Diptère ripicole sera assez heureux pour nous apprendre le pourquoi de cette singulière structure!

L'appareil *sébifique et séminal* a aussi son originalité. Les trois *orbicelles* à centre noir, qui constituent son organe sécréteur, sont contigus en triangle et munis de longs cols capillaires. Ces trois cols s'unissent en un seul conduit qui s'insère à la partie postérieure et dorsale du réservoir ovigère. Deux bourses ovalaires forment les *réservoirs séminaux*. Elles ont un col capillaire assez long, et les deux cols se confondent aussi en un seul conduit excréteur qui s'implante à côté de l'organe sécréteur.

L'*Anthomyia* se rattache par la forme et la composition des ovaires et de la glande sébifique, à l'*Hydrotea* et au *Musca*.

FAMILLE DES MUSCIDES ACALYPTÉRÉES.

J'ai déjà dit que l'étude du système nerveux et des trachées m'avait déterminé à diviser l'immense nation des Muscides en deux grandes familles, au moins provisoirement. J'ai exposé mes recherches sur les Muscides calyptérées. Je vais maintenant entreprendre un semblable travail, mais plus difficultueux encore, sur les Muscides qui sont privées de cueillerons aux balanciers, d'où leur dénomination d'*acalyptérées*, en opposition avec celle de la famille précédente. L'absence des cueillerons s'accompagne de la privation des aérostats à l'abdomen. C'est là un fait qui a quelque portée. Mais les acalyptérées ont, indépendamment du cerveau, deux ou trois ganglions rachidiens, tandis que les calyptérées, qui ont une prééminence organique bien établie, n'en possèdent qu'un seul. C'est un autre fait qui pourrait soulever des questions intéressantes sur les rapports de la puissance nerveuse avec le nombre

et le volume des ganglions. Il y a encore beaucoup à étudier et à méditer sur ce point.

Les diptérologistes, avec le seul secours des caractères extérieurs; se sont tous entendus pour considérer ces petites et faibles Muscides comme moins élevées que les autres en organisation, et ils en ont relégué les nombreuses peuplades à la fin de leur cadre générique. Eh bien, les dissections confirment cette infériorité organique et mettent le sceau à leur jugement. Ce résultat, en même temps qu'il témoigne hautement de leur tact, de leur habileté à apprécier la valeur des formes extérieures, est aussi l'hommage le plus éclatant que l'on puisse rendre à la certitude de la science; il est une preuve authentique et consolante de cette admirable corrélation des actes de la vie avec les ressorts ou apparents ou secrets qui y président. Combien je m'estime heureux d'avoir mis au jour quelques-uns de ces derniers et d'en devenir l'interprète! Voyez comme l'absence d'un organe, auquel on avait d'abord accordé peu d'importance, a d'intéressantes conséquences dans l'organisme! La privation des cueillerons coïncide dans nos Muscides, ainsi que je me plais à le répéter, avec la privation des ballons abdominaux; et ces deux traits négatifs entraînent, pour résultat physiologique sur l'ensemble de l'économie animale, ces habitudes paisibles et sédentaires, cette abnégation du grand jour, cette lente ambulation, ce sautillement hébété, ce vol faible et muet, ces teintes sombres, ce tempérament mélancolique, qui caractérisent si bien nos petites mouches acalyptérées.

Voici le catalogue de celles de ces dernières que j'ai soumises à mes vivisections, en conservant leur disposition par groupes ou sous-tribus.

DOLICHOCÈRES.

1. *Sepedon sphegeus.* Fall.
2. ——— *Haeffneri.* Id.
3. *Tetanocera marginata.* Meig.
4. ——— *stictica.* Latr.
5. ——— *reticulata.* Id
6. *Tetanocera pratorum.* Fall.
7. ——— *ferruginea.* Id.
8. ——— *aratoria.* Meig.

LOXOCÉRIDES.

9. *Loxocera ichneumonea.* Meig.

CORDYLURIDES.

10. *Chyliza leptogaster.* Fall.
11. *Cordylura pubera.* Id.

SCATOMYZIDES.

12. *Scatophaga stercoraria.* Meig.
13. ——— *lutaria.* Id.
14. *Sapromyza ustulata.* Id.
15. *Sapromyza rorida.* Id.
16. *Helomyza tigrina.* Fall.
17. ——— *rufa.* Macq.
18. ——— *pallida.* Id.

ORTALIDÉES.

19. *Ortalis vibrans.* Fall.
20. ——— *lugens.* Meig.
21. *Platystoma umbrarum.* Id.

TÉPHRITIDES.

22. *Tephritis fasciata.* Macq.

SEPSIDÉES.

23. *Sepsis punctum.* Fall.
24. *Cheligaster putris.* Macq.
25. *Nemopoda cylindrica.* Id.

LEPTOPODITES.

26. *Calobata cothurnata.* Meig.
27. *Micropeza thoracica.* Macq.

ULIDIENS.

28. *Ulidia demandata.* Meig.

LAUXANIDES.

29. *Lauxania ænea.* Fall.
30. *Lonchæa tarsata.* Id.

HYDROMYZIDES.

31. *Ochtera mantis.* Latr.
32. *Notiphila cinerea.* Fall.

PIOPHILIDES.

33. *Teichomyza fusca.* Macq.
34. *Ephydra rufitarsis.* Id.
35. *Piophila pusilla.* Meig.
36 ——— *petasionis.* Duf.
37. *Drosophila fasciata.* Id.
38. ——— *maculata.* Id.

SPHÉROCÉRIDES.

39. *Sphærocera subsultans.* Macq.
40. *Borborus equinus.* Id.

HÉTÉROMYZIDES.

41. *Gymnopa ænea.* Fall.
42. *Agromyza flava.* Meig.

HYPOCÈRES.

43. *Phora pallipes.* Latr.
44. —— *bicolor.* Macq.
45. —— *sordidipennis.* Duf.
46. —— *livida.* Id.
47. —— *aterrima.* Latr.
48. —— *helicivora.* Duf.

Ainsi que je l'ai fait pour la famille précédente, je vais faire précéder mes descriptions anatomiques des acalyptérées de quelques observations isolées qui ne trouveraient pas place ailleurs.

1. Quoique le *Chyliza* et le *Cordylura* soient deux genres contigus dans la méthode de M. Macquart, il existe cependant entre eux, sous le rapport de leurs organes digestifs, une différence no-

table, et celle-ci me semble de nature à appeler encore l'attention des diptérologistes sur leurs places respectives dans la classification.

2. Le *Chyliza leptogaster* a, dans les individus frais, la région dorsale du corselet couverte d'un fin duvet doré, soyeux, avec des raies obscures. Ce trait avait été saisi par Panzer (*Faun. Germ.* fasc. 54, fig. 19). Les palpes sont très-noirs (caractère rare dans les Diptères), ovales-spatulés, presque sécuriformes. Les nervures des ailes sont testacées dans le mâle; noires, excepté à leur base, dans la femelle. L'abdomen est canaliculé en dessous dans les deux sexes.

3. Contre l'assertion de M. Robineau-Desvoidy les *Scatophaga* qui ont l'abdomen très-velu sont des mâles.

J'ai observé un fait accidentel fort singulier dans les deux sexes du *Scat. stercoraria*. A diverses reprises j'ai trouvé vers le milieu de la région ventrale de l'abdomen tantôt une, tantôt deux grandes ouvertures ovales qui communiquent dans la cavité abdominale et qui permettent d'apercevoir les viscères. Ces œils-de-bœuf étaient réguliers et nets, comme si on les eût faits avec un emporte-pièce. Ces mouches avaient l'air de se bien porter. Je présume que des larves parasites vivent dans l'abdomen de cette scatophage en s'y nourrissant seulement, soit du tissu adipeux, soit des sucs épanchés. Sans doute que ces larves pratiquent cette singulière opération césarienne lorsqu'elles sortent pour se transformer.

4. Le *Platystoma umbrarum*, Diptère d'un facies si hétéroclite, et l'une des plus grandes espèces des Muscides acalyptérées, présente une structure et une composition de la paroi ventrale de l'abdomen qui n'ont pas frappé les entomologistes. Cet insecte, qui a quatre segments dorsaux à l'abdomen, n'en a pas à la région ventrale dans l'un comme dans l'autre sexe. Cette dernière région est revêtue d'un derme homogène d'une seule pièce, qui n'est que le développement de la membrane inter-segmentaire ordinaire. Ce derme souple et d'un jaune citron est glabre et parcouru longitudinalement par de profondes stries qui ne sont que des rides

ou de fines plissures. Mais comme la nature ne passe pas brusquement d'une création à une autre, une loupe scrupuleuse découvre encore les vestiges, les rudiments des segments disparus. Ainsi il y a tout à fait à la base une double plaque noire coriacée, puis au milieu une seconde très-petite, puis un ou deux points de cette couleur, enfin avant l'oviscapte une plaque carrée. Remarquez bien que ce défaut presque absolu de segments ventraux dans le Platystome n'est qu'un acheminement à leur disparition complète dans la famille des Pupipares, qui termine l'ordre des Diptères. J'ai déjà signalé ce même insecte comme formant une exception pour le nombre et la position des stigmates.

5. Les Diptères du groupe remarquable des Sepsidées exhalent une odeur parfumée des plus agréables, qui varie suivant les espèces. M. Macquart est je crois, le seul entomologiste auquel elle n'ait pas échappé et il la compare à celle de la mélisse. Le scalpel m'a dévoilé l'organe qui prépare ces essences et je vais le décrire en peu de lignes. La *glande odorifique* qui forme le trait anatomique le plus caractéristique des Sepsidées, existe dans les deux sexes. Elle s'insère sur la paroi dorsale du rectum dans l'intérieur duquel elle verse le produit de sa sécrétion. L'insecte expulse cette odeur par l'anus. Ce serait donc un organe des sécrétions excrémentitielles comparable à ceux que j'ai déjà fait connaître dans les Carabiques et autres Coléoptères, mais il en diffère surtout par son mode d'insertion sur le rectum. Il consiste en deux vésicules oblongues ou ovalaires, parfois d'une faible teinte roussâtre, où le microscope permet de constater une capsule intérieure de même forme. Elles s'atténuent un peu en arrière pour confluer aussitôt en un col d'une extrême brièveté, implanté à nu sur le rectum. Cette glande est, comme on voit, des plus simples. Il faut considérer les vésicules comme des organes *sécréteurs* par leurs parois, et *réservoirs* par leur cavité, tandis que le col est le conduit *excréteur*. Cette odeur a en général du rapport avec l'éther, et dans le *Cheligaster* on croirait flairer l'éther acétique.

6. Les Sepsidées ont une mobilité dans les jambes et une promp-

titude dans le vol qui contrastent avec l'allure tranquille des autres Muscides acalyptérées. La première est favorisée par la longueur considérable des hanches, qui égale la moitié de la cuisse; la seconde par une composition des balanciers qui n'a pas encore été signalée. Ces organes, extrêmement vibratiles, sont en petite massue insérée sur une base coriacée biarticulée.

7. L'abdomen du *Cheligaster patris* mâle se compose de cinq segments dorsaux. Le troisième, plus grand que ceux qui le précèdent et qui le suivent, est débordé près de ses angles postérieurs par une pièce tégumentaire de deux articles, terminée par un pinceau de plusieurs longues soies arquées qui, de part et d'autre de l'abdomen, s'inclinent réciproquement de manière à embrasser le bout de celui-ci. C'est ce trait sexuel qui a valu à cet insecte sa dénomination générique. La base articulée des pinceaux naît du troisième segment ventral.

La patte antérieure du mâle de cette même espèce est remarquable par le nombre de spinules et de soies qui garnissent le bord inférieur de la cuisse et du tibia. La cuisse a, dans sa moitié postérieure, deux crochets, dont l'antérieur seul est arqué, séparés par une échancrure arrondie. Le tibia a vis-à-vis celle-ci une saillie obtuse destinée à s'y loger, et vers sa base trois soies roides qui correspondent à de semblables de la cuisse. Ce membre est un organe de préhension redoutable. Je le crois exclusivement destiné aux manœuvres de la copulation. La cuisse de devant de la femelle a, au tiers antérieur de son bord inférieur, un peigne de six à sept soies très-rapprochées.

8. La pièce pénicillée du *Cheligaster* se retrouve, mais rudimentaire dans le *Nemopoda cylindrica;* au lieu d'un long pinceau, le mâle du Némopode a une touffe fort courte, une brosse de très-petits poils roides.

Ce même sexe offre au segment ventral qui précède l'armure copulatrice un organe singulier qui combine son action avec le forceps lors de l'union des sexes. Ce segment est une plaque triangulaire partagée par une fente médiane favorable aux mou-

vements partiels de chaque moitié. Aux angles de sa base s'insère une tige triarticulée, terminée par un peigne de quatre soies spinuleuses noires, qui s'incline vers son congénère pour former la pince. Cet organe existe aussi avec quelques légères modifications dans le *Cheligaster*.

9. L'*Ulidia demandata* se nourrit surtout des sucs fournis par les petites glandes pédicellées des sommités tendres des végétaux. Cette petite et brillante Muscide se complaît aussi dans la société des pucerons du pavot oriental. J'ai fréquemment vu cette courtisane parasite lécher avec ses grosses lèvres les produits qui exsudaient des plaies faites par le bec des débonnaires Aphidiens. Dans son allure grave et compassée, elle meut ses pattes antérieures à la manière de balanciers, comme pour palper et tâtonner au loin devant elle.

CHAPITRE PREMIER.

APPAREIL DIGESTIF.

Malgré la grande différence des Muscides de cette famille avec celles de la précédente, les organes de la digestion sont formés sur le même plan.

Les *glandes salivaires* sont ou uniformément capillaires, ou munies d'un réservoir terminal, rarement basilaire, parfois roulées en peloton.

Celles des Dolichocères sont pour la plupart longues, capillaires, flexueuses; mais dans le *Sepedon sphegeus* et les *Tetanocera aratoria* et *reticulata*, elles sont renflées à leur extrémité. Dans le *Loxocera* elles sont plus courtes, moins déliées, avec un léger renflement terminal. On retrouve dans le *Chiliza* le réservoir basilaire du *Lucilia*, et dans le *Cordylura* le peloton des replis de l'*Ech. grossa*. J'ai déjà fait remarquer que ces deux formes anatomiques avaient le même but fonctionnel, celui du séjour et du perfectionnement de la salive. Cette organisation avancée des

glandes salivaires dans les Cordylarides, me fait penser que cette sous-tribu pourrait bien avoir le pas sur celle des Dolichocères. Les *Scatophaga* et *Helomyza*, qui ont plus d'un trait de ressemblance avec les Anthomyzides, ont, comme celles-ci, des vaisseaux salivaires capillaires d'un bout à l'autre et de moyenne longueur. Il y a un réservoir terminal ovoïde dans les *Sapromyza*, les Ortalidées, le *Tephritis*, les Sepsidées. Dans les *Ortalis*, il y a, indépendemment de ce réservoir, une agglomération de quelques replis qui ne s'observe pas dans le *Platystoma*, le géant de ce groupe. Le *Calobata* a, comme le *Chiliza*, dont il partage les habitudes, un réservoir salivaire à l'issue de la tête, tandis que le *Micropeza*, qui a avec le *Calobata* une si grande conformité de structure extérieure, a son vaisseau salivaire à peine renflé au bout. L'*Ulidia* et les Lauxanides ont le réservoir terminal des *Ortalis*. L'*Ochtera* et le *Notiphila* ont la glande capillaire du *Scatophaga*. Dans le grouppe des *Piophilides*, il n'y a pas de conformité dans cet organe ; les *Teichomyza*, *Piophila* et *Drosoph. maculata* ont un réservoir terminal qui manque dans l'*Ephydra* et le *Drosoph. fasciata*. Cette différence anatomique dans les deux Drosophiles viendrait à l'appui de l'observation que m'a faite M. Macquart, sur la nécessité d'établir une coupe particulière pour le *Drosoph. maculata*. Le petit grouppe des Sphérocérides présente deux formes très-différentes des glandes salivaires ; dans le *Sphærocera*, le corps de la glande est un boyau filiforme reployé, avec un col aussi long que lui, et de la ténuité d'un brin de soie. Dans le *Borborus*, la glande ressemble à celle du *Myopa* : c'est une bourse conoïde, dont la pointe effilée ne dépasse pas le milieu du corselet, et dont la base arrondie a un col des plus capillaires. Cet organe est le caractère anatomique différentiel des deux genres. Les Hypocères ont des vaisseaux salivaires très-simples, médiocrement longs et uniformément capillaires. Dans la *Phora helicivora*, ils sont insensiblement renflés en massue et atténués près de la tête en un col plus que capillaire.

Le *tube alimentaire* diffère peu par sa forme et sa composition générales de celui des Anthomyzides et des Muscies. Il est filiforme,

de deux à cinq ou six fois plus long que l'insecte, par conséquent plus ou moins enroulé dans la cavité abdominale. Il débute, excepté dans un très-petit nombre d'espèces, par ce godet orbiculaire qui est le trait anatomique le plus caractéristique des deux familles de Muscides. Le réservoir de la panse est presque toujours bilobé et les vaisseaux hépatiques, à quelques rares exceptions près, ont deux canaux cholédoques plus ou moins marqués. L'intestin est filiforme et le rectum a quatre boutons charnus dans sa moitié antérieure : tels sont les traits généraux. Voyons les modifications suivant les petites peuplades établies sous le nom de sous-tribus par M. Macquart.

Les vaisseaux hépatiques dans les Dolichocères ont une bile d'un brun violet foncé, et on trouve le réservoir de leur panse plus ou moins rempli d'un liquide brun ou roux. Cette dernière circonstance et l'habitat de ces Diptères indiquent assez qu'ils doivent se nourrir de liquides qui tiennent en dissolution des matières décomposées. Le col de la panse offre dans le *Loxocera* un renflement conoïde à son insertion au réservoir. Celui-ci contient une liqueur de couleur ambrée, et les vaisseaux hépatiques sont d'un jaune pâle. Cet insecte ne vit pas enfoncé dans les plantes marécageuses, comme les *Tetanocera*, et sa nourriture est sans doute plus épurée.

Le *Chyliza* et le *Cordylura*, quoique appartenant au même groupe, ont dans la longueur respective de leur canal digestif des différences qui viennent à l'appui de ce que j'ai dit plus haut sur leur contiguïté générique, et qui annoncent que leur régime, et par conséquent leur genre de vie ne sont pas identiques. Cet organe n'a que deux fois la longueur du corps dans le *Chyliza*, il en a quatre ou cinq dans le *Cordylura*. Le réservoir de la panse est bilobé dans le premier, oblong dans le second. Dans l'un et dans l'autre, les vaisseaux biliaires sont d'un jaune pâle, et les canaux cholédoques, plus courts que dans les groupes précédents. Le rectum du *Chyliza* a quatre boutons charnus oblongs, et le *Cordylura*, six orbiculaires. Les *Sapromyza* ont un liquide alimentaire

brun dans le réservoir de la panse et dans le ventricule chylifique, ce qui permet de croire qu'ils vivent de matières infusées. La bile est blanche dans les deux espèces. Un semblable liquide brun, trouvé dans l'organe digestif de l'*Helomyza tigrina*, dont la larve vit dans les champignons, prouve que l'insecte se nourrit de la matière décomposée de ceux-ci. La longueur du tube alimentaire des Ortalidées est moindre que dans les sous-tribus précédentes, et n'a pas plus de deux fois et demie celle du corps. Le réservoir de la panse est simple dans les *Ortalis*, bilobé dans le *Platystoma*. J'ai constaté dans celui des *Ortalis* un liquide vert foncé qui m'a semblé de nature végétale, et dans celui du *Platystoma* une liqueur brune que l'insecte vomit aussi quand on le saisit. Il paraît que ce dernier se nourrit de matière en décomposition. Le canal digestif des Sepsidées présente un trait anatomique qui leur est exclusivement propre, c'est l'existence sur le rectum d'une glande odorifique dont j'ai déjà parlé. Le réservoir de la panse renferme un liquide faiblement ambré dans le *Nemopoda*, et sa bile est blanche. Le tube alimentaire du *Calobata* et celui du *Micropeza* offrent des différences qui légitiment leur séparation générique. Il a trois fois seulement la longueur du corps dans le premier, et quatre ou cinq fois dans le second. Le réservoir de la panse est simple dans l'un, profondément trilobé ou même trifide dans l'autre. Les vaisseaux hépatiques sont sensiblement plus courts dans le *Micropeza*. L'*Ulidia* a le canal digestif aussi long que celui de ce dernier; le réservoir de sa panse est bilobé; les boutons charnus du rectum sont oblongs, et cette poche excrémentitielle a dans la femelle un long col qui témoigne de la longueur de son oviscapte. L'examen comparatif le plus minutieux ne sait découvrir d'autre différence entre l'organe de la digestion des Lauxanides et celui de l'*Ulidia* qu'une extrême brièveté des canaux cholédoques dans le *Lonchæa*. Ce même organe digestif a quatre ou cinq fois la longueur du corps dans les *Hydromyzides*, Diptères qui se nourrissent de détritus. Les canaux cholédoques, qui ont la longueur ordinaire dans le *Notiphila*, sont

fort courts dans l'*Ochtera*. Ce dernier insecte qui, par la structure de ses pattes antérieures, semble destiné à vivre de rapine, a sur le rectum un organe insolite et manque des boutons charnus ordinaires. Cet organe consiste, pour chaque côté de la moitié antérieure du rectum, en une espèce de grappe irrégulière de quatre ou cinq tubercules ovales-conoïdes, d'une teinte jaunâtre, insérés sessilement à droite et à gauche d'une tige commune qui déborde la poche stercorale, et qui est peut-être un conduit. Je dis peut-être, car cette tige paraît charnue et compacte. C'est là un organe des sécrétions excrémentitielles qui a besoin d'être encore étudié et anatomiquement et physiologiquement. Ce n'est pas une glande odorifique comme celle des Sepsidées. Je n'ai jamais remarqué que ce Diptère riverain exhalât une odeur particulière, et les entomologistes ne nous apprennent rien de semblable.

Le groupe des Piophilides est loin d'avoir une organisation viscérale identique, et sa constitution générique devra, je pense, être remaniée. Le *Teichomyza*, qui la préside, et dont on doit la fondation et la découverte à M. Macquart, me semble devoir constituer un genre isolé. Son canal alimentaire est un des plus longs dans tout l'ordre des Diptères : il a cinq ou six fois la longueur du corps. Le réservoir de la *panse* est bilobé, et je l'ai trouvé rempli, non pas d'un liquide, mais d'une bouillie blanchâtre. M. Macquart nous apprend que cet insecte abonde sur les vieux murs humides des écuries et des latrines. Il est vraisemblable qu'en léchant avec ses larges et grosses lèvres le ciment imprégné de l'humidité alimentaire, il en avale quelques atomes, et de là cette pulpe blanche et opaque. Le *ventricule chylifique*, au lieu de débuter, comme dans toutes les Muscides précédentes, par un godet orbiculaire plus ou moins ombiliqué, commence, dans le *Teichomyza*, par un renflement ovalaire ou turbiné, tantôt plus, tantôt moins prononcé, dont les parois ont une consistance calloso-charnue. Ce renflement, ou mieux cet organe, débute trop brusquement pour être considéré comme une simple dilatation de l'œsophage et pour prendre le nom de *jabot*. Quoiqu'il ne m'ait présenté

intérieurement aucune partie dure, aucune colonne calleuse, ainsi qu'on l'observe ordinairement dans un *gésier*, il doit cependant, à mon avis, être considéré comme une modification, un premier degré de celui-ci à cause de sa circonscription constante et de la consistance de ses parois. Certainement, la matière alimentaire doit subir dans sa cavité une élaboration spéciale, ce qui vient a l'appui de la réflexion que m'a suggérée tout à l'heure la bouillie de la panse. Si je n'ai point découvert de valvule à l'orifice postérieur de ce gésier, où je crois qu'elle existe, c'est que j'ai manqué de sujets pour mes recherches. Cet insecte ne se rencontrant pas dans la contrée que j'habite, j'apportai moi-même de Bordeaux, en 1839, les cinq ou six individus qui ont servi à mes vivisections, et ce n'était pas assez pour descendre dans les détails de structure intime. Quoi qu'il en soit, l'existence de ce gésier est le trait anatomique distinctif du *Teichomyza*, au moins dans le groupe des Piophilides; car nous trouverons bientôt un semblable organe dans le *Sphærocera*, qui a un genre de vie très-analogue au sien. Après cet organe, le ventricule a la forme et les replis accoutumés. Les vaisseaux hépatiques et l'intestin ne diffèrent pas de ceux du type de la famille. Le rectum n'a pas un col prolongé, ce qui indique d'avance que le *Teichomyza* n'a plus un oviscapte prononcé.

Le canal digestif de l'*Ephydra* est aussi long et même plus long que celui du *Teichomyza*. Le réservoir de la panse est simple, ovoïde et peu développé. Il renferme une bouillie, signe d'affinité organique avec le genre précédent; mais cette bouillie est jaunâtre. On sait que ces petites et innombrables Muscides habitent le limon des rivages ombragés et s'y nourrissent du détritus végéto-animal dont il est imprégné. Le ventricule n'a pas le gésier du *Teichomyza*, différence anatomique capitale, et il offre le godet orbiculaire de presque toutes les Muscides. Le reste comme dans le genre précédent.

Le *Piophila*, du même groupe, a le canal digestif à peine moins long que celui de l'*Ephydra*; mais, du reste, organisé sur le même plan. Le ventricule chylifique débute aussi par un godet

orbiculaire ; mais le réservoir de la panse est en bissac et rempli, non d'une bouillie, mais d'un liquide cristallin [1].

Il y a dans le tube alimentaire du *Drosophila fasciata* des traits qui le rapprochent du *Teichomyza* et l'éloignent du *Dros. maculata*. Il a la longueur de celui des genres précédents. Le réservoir de la panse n'est pas bilobé ; mais quand il est distendu, il paraît arrondi, réniforme. Il renferme une bouillie roussâtre ou cannelle. Ce *Drosophila* vivant de substances végétales en fermentation, le ventricule offre, à son origine, un *gésier* turbiné semblable à celui du *Teichomyza*, et cette conformité anatomique est d'un piquant intérêt pour la classification. Les vaisseaux hépatiques présentent une particularité qui nous prépare à la retrouver mieux caractérisée dans le genre *Phora*. C'est là un de ces organes de transition qu'il importe de signaler pour faire ressortir la marche graduelle des créations organiques. Ces vaisseaux, parfois remplis d'une bile blanche, ont un renflement vésiculaire terminal dans deux d'entre eux, ceux du côté droit, tandis que les deux autres sont uniformément capillaires. L'intestin est grêle comme un fil et le rectum est oblong.

Le canal digestif du *Dros. maculata* s'éloigne surtout par l'absence du gésier et des réservoirs biliaires du précédent et ressemble à celui du *Piophila*.

Le groupe des Sphérocérides, Diptères sautillants qui infestent les bouses, les crottins et d'autres matières décomposées dont ils font leur nourriture, offrent comme les Piophilides de curieuses dissemblances splanchnologiques dans les deux seuls genres soumis à mes vivisections. J'ai déjà signalé celles qui existaient dans leurs glandes salivaires. Le tube alimentaire du *Sphærocera* ressemble par sa longueur à celui du *Piophila*. Le réservoir de la panse est simple, ovalaire. Le ventricule a un *gésier* ovale-oblong, bien circonscrit, semblable à ceux du *Teichomyza* et du *Dros. fasciata*. Le *Borborus* n'a pas ce gésier, et il est pourvu du godet orbiculaire si commun aux Muscides. Sa bile est blanche.

[1] Voyez Métam. et anat. du *Pioph. petasionis*. (*Annal. des sc. nat.* 3e sér. t. I, p. 365.)

Le *Gymnopa* et l'*Agromyza*, les deux seules Hétéromyzides que j'aie disséquées, ont un tube digestif très-analogue à celui de l'*Ulidia*, dont il serait peut-être prudent de les rapprocher.

Le canal alimentaire des *Phora*, de ces petits Diptères qui courent avec tant d'agilité, et qui semblent se nourrir des imperceptibles immondices répandues çà et là, offre la même composition générale que celui des autres Muscides; mais nous y trouverons aussi plusieurs traits de structure qui leur sont propres. Il a une longueur qui dépasse quatre fois environ celle de l'insecte. Il est un peu moins long dans le *Ph. sordidipennis*, espèce qui nous fournira encore plusieurs caractères anatomiques qui revendiquent sa séparation du genre. L'*œsophage*, bien plus long que dans la plupart des autres Diptères, traverse tout le corselet en conservant la ténuité du plus fin cheveu. La *panse* a une forme, une disposition insolites, variables dans les différentes espèces et dans les individus d'une même espèce, suivant son degré de plénitude, et d'autres conditions physiologiques d'une appréciation difficile. Je connais peu de Diptères où cet organe soit proportionnellement plus volumineux que dans les *Phora*. Le réservoir du *pallipes* est sessile ou presque sessile, tantôt réniforme, plus ou moins lobé au côté interne, avec un col excentrique si court, qu'il peut être contestable, tantôt trilobé comme un trèfle de cartes, ou simplement oblong et froncé. Il renferme une bouillie blonde ou roussâtre. Je l'ai trouvé à trois lobes irréguliers dans le *livida*, grand, orbiculaire avec un col conoïde fort court dans le *bicolor*, globuleux, muni d'un col central capillaire plus long que lui, et renflé à son origine, dans le *sordidipennis*, où il était rempli d'un liquide cristallin un peu ambré. Cet organe a, dans l'*helicivora*, la forme d'une massue allongée très-simple. Le *ventricule* n'a, dans aucune espèce, son origine en godet orbiculaire comme dans les Muscides en général, et ce trait négatif est le caractère anatomique le plus saillant de ce groupe. Dans les *pallipes*, *livida* et *bicolor*, après l'insertion de la panse, il se continue directement en un tube filiforme replié en une ou deux circonvolutions. Celui de l'*aterrima*

m'a semblé bifurqué à son origine; mais je sens le besoin de renouveler les autopsies. Je remarque dans le *sordidipennis*, qu'après l'insertion de la panse, l'œsophage présente un petit renflement olivaire qui pourrait bien être un gésier. Le ventricule de cette espèce originale débute par une portion courbée en arc, et ce serait au milieu de sa convexité que s'implanterait le gésier. Il résulte de là que le ventricule se prolonge latéralement en un boyau borgne, en un cul-de-sac, en bout arrondi. Cette disposition est si insolite, que je me défie un peu de sa réalité. Comme je n'ai eu qu'un seul sujet à disséquer, je ne suis pas éloigné de croire qu'un coup de scalpel maladroit ou malheureux m'aura dérobé l'une des branches de la bifurcation de ce ventricule. Cette circonstance, si elle était fondée, rendrait alors plus vraisemblable la forme bilolée de l'origine de cet organe dans l'*aterrima*. Quoi qu'il en soit, le ventricule du *sordidipennis* ne se reploie qu'en une seule circonvolution, ainsi que celui de l'*helicivora*. Dans cette dernière espèce, qui a toute la structure extérieure du *sordidipennis*, l'origine du ventricule n'a aucune sorte de renflement.

Les vaisseaux hépatiques des *Phora* varient aussi suivant les espèces. Dans le *pallipes* et le *bicolor*, ils sont blanchâtres ou demi-diaphanes, de médiocre longueur, et ont deux canaux cholédoques comme à l'ordinaire, mais ils offrent cette particularité que tous quatre ont un réservoir terminal vésiculaire ovoïde ou oblong. J'avais déjà signalé dans le *Dros. fasciata* l'indice d'une semblable configuration. Ce sont là des *vésicules biliaires* qui diffèrent surtout de celles des grands animaux, parce qu'elles sont apicales. Les vaisseaux biliaires du *sordidipennis* fournissent un nouveau trait anatomique qui milite pour sa séparation du genre *Phora*. Non-seulement ils n'ont pas les vésicules terminales, mais ils manquent de canaux cholédoques; leur quatre insertions sont isolées, quoique rapprochées. Ils sont aussi proportionnellement plus longs que dans les autres espèces. L'*helicivora* présente cette bizarre singularité, que deux des vaisseaux biliaires ont un canal cholédoque, et les deux autres en manquent.

L'intestin des *Phora* est filiforme. Le rectum est souvent globuleux avec quatre boutons charnus, arrondis ou pyramidaux, et un col aussi long que lui.

CHAPITRE II.

APPAREIL GÉNITAL.

ARTICLE Ier.

APPAREIL GÉNITAL MÂLE.

Les *testicules* sont colorés en brun plus ou moins rougeâtre, comme ceux des Muscides calyptérées. Je ne connais d'autres exceptions que celles du *Dros. fasciata* et du *Phora pallipes*. Ils sont oblongs, fusiformes, dans la plupart des Dolichocères, mais plus gros et ovalaires dans les *Sepedon sphegeus* et *Tetanocera aratoria;* d'une forme allongée, et courbés en hameçon dans le *Loxocera*, très-polymorphes dans le *Chyliza*, suivant le degré de leur turgescence séminale. Je les ai vus dans ce Diptère ou filiformes, flexueux ou courbés en crosse. Ils sont ovoïdes, oblongs dans le *Cordylura;* ovales-oblongs ou fusiformes dans le *Scatophaga stercoraria;* en longs boyaux enroulés ou fléchis en anse dans les *Ortalis;* moins longs et reployés en demi-spirale dans le *Platystoma;* gros et ovoïdes dans les Sepsidées, surtout dans le *Nemopoda;* de cette configuration dans le *Micropeza;* semblables dans l'*Ulidia* à ceux de l'*Ortalis*, c'est-à-dire longs, filiformes, enroulés; ovoïdes dans les *Lauxania, Teichomyza;* allongés et de forme variable dans le *Piophila*. Le testicule du *Dros. fasciata* a une structure insolite, et n'a pas même cette couleur brune si générale dans les Muscides. Il est constitué par un vaisseau spermifique capillaire, blanchâtre, roulé en nombreuses spirales concentriques qui forment une rondelle plate. Le centre de celle-ci a une teinte jaune qui devient insensible ailleurs. Ce vaisseau, déroulé, est plus long que tout le Diptère, et son bout libre est renflé en massue. Cet organe est

ovoïde, assez gros dans les Sphérocérides et le *Phora pallipes*, où il est décoloré.

Les *conduits déférents* des testicules sont bruns comme ces derniers dans les Dolichocères, mais plus courts que la glande dans les deux *Sepedon* et le *Tetanocera aratoria;* plus longs dans les autres. Ils n'ont dans le *Loxocera* que l'étrécissement incolore du testicule, d'une excessive brièveté dans le *Chyliza;* plus marqués dans le *Cordylura;* courts et plus ou moins décolorés dans le *Scatophaga*, dans les *Ortalis*, où ils sont parfois fusiformes; d'une finesse uniformément capillaire et de la longueur du testicule dans le *Platystoma;* plus courts que ce dernier organe et de sa couleur dans les Sepsidées; presque nuls dans le *Micropeza;* moins longs que le testicule dans l'*Ulidia* et le *Teichomyza;* bien plus courts dans le *Piophila*. Les testicules du *Drosophila fasciata* s'atténuent en arrière pour s'aboucher à un conduit déférent commun, capillaire, court, qui se fixe, non pas aux vésicules séminales, mais directement à l'origine du canal éjaculateur. Ce sont là deux modes insolites de connexions. Ces conduits dans les Sphérocérides sont plus courts que le testicule et décolorés; ceux des *Phora* ont la longueur de cet organe et une ténuité capillaire.

Les *vésicules séminales* (ordinairement une paire, quelquefois deux) reçoivent les conduits déférents immédiatement avant l'origine du canal éjaculateur. Dans la plupart des *Dolichocères*, elles sont filiformes et assez longues; plus courtes et un peu renflées au bout dans le *Sepedon Haeffnerii*, avec un canal éjaculateur filiforme, long et flexueux. Il n'est pas facile de mettre en évidence celle du *Loxocera*, à cause de leur contiguïté, soit entre elles, soit avec les testicules. Distendues à leur naissance, elles s'étrécissent en un boyau tubuleux courbé en anse. C'est par un col des plus courts qu'elles s'insèrent au canal éjaculateur. Celui-ci, filiforme et droit, présente cela d'insolite, que, bulbeux à son origine, il reçoit là le col capillaire d'une vésicule globuleuse impaire, remplie d'une matière blanche. J'ignore entièrement les attributions physiologiques de cette vésicule, qui est peut-être un réservoir séminal

supplémentaire. Il y a, dans le *Chyliza*, deux paires de vésicules séminales, l'une que j'appellerai essentielle, parce qu'elle reçoit les conduits déférents, est filiforme, longue, plus ou moins courbée en anse, et parfois bifurquée; l'autre, analogue par sa configuration à celle du *Loxocera*, est renflée vers son origine, filiforme ensuite, et dirigée en arrière; mais elle varie encore singulièrement, car je l'ai trouvée parfois presque globuleuse et placée en avant. Le canal éjaculateur est filiforme, assez long, bulbeux à son origine.

Les *vésicules séminales* du *Scatophaga* ont une gracilité capillaire et une médiocre longueur. Elles semblent plutôt s'insérer aux conduits déférents que leur fournir insertion. Le canal éjaculateur, qui égale en longueur le testicule avec son conduit déférent, est un peu en massue à son origine, puis il est capillaire. Les vésicules des *Ortalis*, blanchâtres et tubuleuses, sont au nombre de quatre dans l'*Ort. vibrans*, et de deux dans l'*Ort. lugens*. Celles de la première espèce sont plus courtes, une paire dirigée en avant, plus ou moins courbée en crosse et recevant les conduits déférents, l'autre paire dirigée en arrière. Celles de la seconde espèce ont une longueur presque double des précédentes, et sont plus ou moins reployées. Le canal éjaculateur, plus grêle que les vésicules, est un peu bulbeux à son origine dans l'*Ort. lugens*.

L'appareil génital mâle du *Platystoma* renchérit encore par son originalité et ses formes inaccoutumées sur les précédentes Muscides. C'est ici qu'il faut invoquer et toute l'acuïté de sa vue, secourue des lentilles amplifiantes, et l'indispensable *labor improbus*, pour démêler la simplicité et la symétrie au milieu de ce pêle-mêle d'organes et de l'inextricabilité de leurs fragiles replis. Les vésicules séminales ont avec les conduits déférents des connexions tout à fait particulières, que je signalerai bientôt. Ces vésicules forment au-dessous d'un grand corps ovale central, analogue au réservoir séminal des Syrphies, un paquet, un plexus dont j'ai été assez heureux de dérouler les nombreux replis. Alors j'ai pu, à mon indicible satisfaction, mettre en évidence les connexions réci-

proques des diverses pièces de l'appareil et y retrouver, avec quelques légères modifications, le type des organes masculins de l'ordre. Les conduits déférents aboutissent aux côtés de la convexité d'une utricule semi-lunaire transversale, organe insolite, sorte de sinus commun destiné à recevoir immédiatement le sperme sécrété, et à le transmettre, soit aux vésicules séminales, soit au canal éjaculateur. Ces vésicules naissent ou s'insèrent de chaque côté de la concavité de ce sinus. Ce sont deux vaisseaux simples, capillaires, semi-diaphanes, très-repliés, dont la longueur égale quatre ou cinq fois celle du corps de l'insecte. Le canal éjaculateur prend son origine à cette même concavité du sinus, entre les insertions des vésicules. Il a presque la ténuité de celle-ci, est moins long qu'elle et très-flexueux. Il va s'insérer près du bout postérieur du *réservoir séminal*. Ce dernier est un corps ovalaire blanc, à parois consistantes et épaisses, situé au centre de tout l'appareil, qu'il recouvre en partie, et qui me semble destiné au séjour, à l'élaboration du sperme, pour fournir sans doute à sa dépense, ou successive, ou intermittente pendant un coït, que je suppose, d'après la forme des organes copulateurs, devoir être et difficultueux et fort long. Le réservoir séminal communique avec l'armure copulatrice par un col court et gros.

Les vésicules séminales des Sepsidées sont filiformes, du double au moins plus longues que le testicule. Indépendamment de celles-là, il y en a une impaire au milieu, tantôt en massue, tantôt ovoïde, et presque de la grosseur du testicule; comme elle ne se trouve pas sur le trajet du canal éjaculateur, je n'ai pas cru devoir lui donner le nom de réservoir séminal. Le canal éjaculateur est fort long, capillaire, flexueux, bulbeux à la base dans le *Cheligaster*. Il est moins long et renflé dans une partie de son étendue dans le *Nemopoda*. Il fait, à son origine, une boucle dans le *Sepsis*.

Les vésicules séminales de l'*Ulidia* sont plus que capillaires, fragiles, entortillées, et plusieurs fois plus longues que le corps, avec un canal éjaculateur fort court. Celui-ci est au contraire long

et grêle dans le *Piophila pusilla*, où les vésicules sont filiformes et roulées en cercle. Dans le *P. petasionis*, ces vésicules sont allongées, recourbées plus ou moins, renflées au bout, offrant avant leur confluence une utricule ovoïde, où s'implante le testicule. Cette utricule, malgré sa configuration, peut être prise pour un conduit déférent; le canal éjaculateur est long, plus ou moins dilaté à son origine. Les vésicules séminales du *Drosoph. fasciata* sont oblongues, assez grosses, insérées par un col presque nul aux côtés de l'origine du canal éjaculateur, en sorte que, pour devenir réservoirs du sperme, il faut que celui-ci y reflue de cette origine; le canal éjaculateur est en massue allongée et médiocrement long. Il y a deux paires de ces vésicules dans les Sphérocérides : l'une, ovale ou ovale oblongue, reçoit les conduits déférents; l'autre, allongée, cylindroïde, ou à peine en massue. Le canal éjaculateur est tout à fait capillaire dans le *Sphærocera*, bulbeux à son origine dans le *Borborus*. Les vésicules du *Phora pallipes*, de la grandeur du testicule, sont oblongues, cambrées, avec un col capillaire moins long qu'elles, offrant dans son milieu un petit renflement sphéroïdal; c'est immédiatement avant celui-ci qu'a lieu l'insertion du conduit déférent; le canal éjaculateur est grêle, capillaire, assez long, flexueux.

Terminons ce qui concerne l'appareil génital mâle de nos petites Muscides, par le signalement des armures copulatrices de quelques-unes d'entre elles.

L'*armure copulatrice* du *Loxocera*, tout à fait collée sous le bout de l'abdomen, est fort petite; la pièce *basilaire* est un arc tégumentaire, ouvert en arrière, noirâtre, velu; un espace assez grand, occupé par des parties molles, mais bordé de chaque côté par une lame brune, sépare cette pièce du *forceps*, dont les branches sont brunes, oblongues, obtuses, glabres, à peu près droites, un peu échancrées au bord externe; le *fourreau de la verge* est fin, allongé, d'un brun pâle, et semble se confondre à sa base avec une pièce transversale, qui lui est peut-être commune avec le forceps.

L'abdomen du *Chyliza* mâle est renflé à son extrémité, qui est creusée en dessous d'une gorge profonde, à bords tranchants et droits, qui le prolonge dans toute la longueur de cette partie et qui, dans le repos, loge l'*armure copulatrice*. Elle rappelle une structure analogue dans les Libellules. La pièce basilaire est assez grande et arquée, comme dans le *Loxocera*, mais ses bouts sont obliquement tronqués. Les branches du *forceps*, noirâtres et à peu près droites, sont prolongées en pointe très-acérée; le *fourreau de la verge* est allongé, pâle, bordé de baguettes étroites, brunes, terminées par un petit crochet tourné en dehors.

L'armure du *Scatophaga* est arrondie et logée sous le bout de l'abdomen; la pièce basilaire est coriacée, noirâtre, velue, large, à peine arquée; les branches du *forceps* consistent en deux crochets cornés, bruns, arqués, formant la pince par leur connivence. Je ne vois à la place du *fourreau de la verge* que deux panneaux ovales, obtus, coriacés, velus.

L'armure des *Ortalis* est pareillement logée sous l'extrémité de l'abdomen.

Celle de l'*Ort. vibrans* consiste, 1° en une pièce basilaire carrée, noire, velue, légèrement échancrée en arrière; 2° en deux espèces de tentacules ovales, bruns, velus, étrécis en pétiole, sans apparence de véritable forceps; 3° en un filet élastique brun, plane, un fin ruban, d'abord droit, puis enroulé en une rondelle comme un ressort de montre : ce filet forme, en dehors du corps de l'insecte, une saillie constante sur un côté et vers la base de la pièce basilaire; l'une de ses faces, l'interne, paraît au microscope toute couverte de soies assez longues, plus ou moins couchées; le pédicule seul est glabre. Je considère ce filet comme le *fourreau de la verge*.

La pièce basilaire de l'armure de l'*Ort. lugens* est plus échancrée en arrière que celle du *vibrans;* le *forceps* est évident; ses branches, distantes l'une de l'autre et presque droites, sont allongées, minces, de couleur ombrée, terminées par une dilatation transversale, dont l'angle externe est obtus et crochu, et l'interne aigu.

Entre ces deux angles, il y a une très-petite épine courbe; au milieu des bases du forceps, on voit deux pièces oblongues contiguës à la ligne médiane, analogues aux tentacules du *vibrans*. Comme dans cette dernière espèce, on trouve dans le *lugens* le fourreau de la verge enroulé hors du corps en ressort de montre, mais simplement bordé, d'abord, d'aiguillons triangulaires bien séparés, puis de piquants sétiformes allongés, susceptibles de se redresser et de s'incliner; enfin, ce ruban élastique est inerme un peu avant son extrémité, qui est terminée en pointe mousse.

Nous allons trouver dans l'armure copulatrice du *Platystoma* une recherche singulière de composition et de structure. Couchée dans le repos, dans l'excavation du bout de l'abdomen, elle consiste d'abord en deux pièces basilaires cornées, noires, glabres, placées l'une à la suite de l'autre, et qui ne semblent que des segments tégumentaires qui auraient changé de forme et un peu de texture; la première, qui est ovale, convexe, tronquée en arrière pour s'articuler à la suivante, est arrondie en avant, où elle reçoit le col du réservoir séminal; la seconde pièce, analogue à celle des *Ortalis*, est presque carrée, un peu échancrée en arrière. Après cette échancrure, se voit le *forceps*, dont les branches écartées, mais susceptibles de se rapprocher pour former la pince, sont composées de deux pièces unies par une articulation : l'une est roussâtre, renflée, située à la base; l'autre est un crochet à trois petites dents tronquées, dont la plus interne est noire et l'externe roussâtre. Par une compression expulsive, exercée avec ménagement pendant la vie de l'insecte, on voit se présenter, entre les branches du forceps, une sorte d'étui assez grand, coriacé, membraneux, velu, qui ressemble au fourreau de la verge. Mais c'est dans l'étude du pénis que nous allons voir se multiplier les prodiges de structure. De dessous et sur le côté de la seconde pièce basilaire, part, comme dans les *Ortalis*, un filet élastique de couleur ambrée, d'une finesse qui surpasse celle d'un cheveu, et assez long pour faire une grande circonvolution sur lui-même. Ce filet, qui ne s'enroule pas en ressort de montre,

aboutit à un corps fort gros, comparativement à lui, ovale-oblong, étranglé en calebasse, corné, très-glabre, lisse et luisant. Un peu avant son bout libre et sous celui-ci, ce corps émet un filet de même nature et de même nuance que celui fixé au bout opposé, mais trois ou quatre fois plus court, et bifide à son extrémité. La plus forte lentille du microscope laisse apercevoir, à travers la tunique ambrée et semi-diaphane du plus long filet, un tube inclus, et à la première partie de la calebasse une capsule pareillement incluse. L'invocation de la loi de l'analogie me porte à regarder ce filet comme un *étui de la verge*, ainsi que les grandes Tipules nous l'ont démontré, tandis que le corps en calebasse doit être considéré comme un *gland* presque monstrueux. Il est permis de croire que ce gland est destiné à s'introduire, à se loger dans le vagin, à y demeurer tout le temps du coït. Il est probable que, pendant celui-ci, dont je n'ai pas été témoin, les deux sexes demeurent unis, attachés comme les chiens, et enfin qu'il se fait, durant cette union, plusieurs éjaculations.

L'armure des Sepsidées est, dans le repos, réfléchie et appliquée sous le bout de l'abdomen. Celle du *Cheligaster* a une circonscription ovalaire. Elle semble se réduire à une seule tenaille cornée ou *forceps*, laissant entre ses branches un grand vide, et susceptible d'un jeu assez étendu. Mais en y regardant de plus près, on reconnaît presque vers le milieu de ces branches, une petite articulation transversale, ce qui permet de distinguer, 1° une pièce basilaire cambrée, renflée, noire, luisante, un peu hérissée, unie en arrière à sa congénère par une fine articulation médiane, difficile à constater; 2° une pièce terminale, plus grêle, plus pâle, pareillement cornée, un peu sinueuse, inclinée vers sa congénère pour faire la pince. Elle représente le crochet arqué et mobile qui s'observe dans quelques armures de Diptères et notamment dans le *Sargus*, le *Leptis*, *etc.* Au milieu de l'ouverture parabolique du forceps, se voit un étui oblong, corné, noir, glabre : c'est le *fourreau de la verge;* mais un fourreau, contre l'ordinaire, d'une seule pièce cornée, au moins vue par

sa région dorsale. L'extrémité de ce fourreau émet, par une compression expulsive, un appareil assez compliqué, où l'étude microscopique m'a permis de constater, d'abord, un stylet central en crochet, modérément arqué, corné quoique pâle, avec une très-petite saillie dentiforme vers sa base; puis, de chaque côté de cette dernière, une sorte de tubercule ou d'apophyse arrondie, veloutée, dont l'une, plus saillante, est armée à sa racine d'un ergot corné, dirigé vers la souche de l'appareil. Je laisse à de plus habiles le soin de nous fixer sur les attributions respectives des diverses pièces de ce singulier instrument copulatif.

L'armure du *Nemopoda* ressemble à la précédente, mais elle est plus arrondie, et je n'ai point saisi l'articulation mitoyenne des branches du forceps. Le fourreau de la verge est ici velu, échancré sur un côté. De son extrémité, sort un stylet allongé, sinueux, hérissé.

Le trait anatomique qui établit l'affinité générique de l'*Ulidia* avec l'*Ortalis*, est l'existence, en dehors de l'armure copulatrice, d'un fourreau de la verge, sous la forme d'un filet enroulé comme un ressort de montre. J'ai décrit et figuré cette même disposition dans le *Piophila petasionis*.

L'armure du *Drosophila fasciata* ne manque pas non plus d'originalité. Elle a pour pièce basilaire un panneau ovalaire, de texture coriacée, couvert de longs poils et garni à son bord inférieur d'une série de dents cornées, brunes, dirigées les unes en avant, les autres en arrière. La plupart de ces dents, vues au microscope, ont leur pointe bifide. Au-dessous de ce panneau, est une plaque cornée, oblongue, subtriangulaire, finement dentelée à son bord tranchant. Cette plaque, quoique unique, remplacerait le *forceps*. Mais, ce qu'il y a de bien curieux, c'est qu'à plusieurs reprises j'ai pu constater, sur un insecte aussi petit, la verge parfaitement saillante. Cette verge (ou peut-être ce fourreau) est capillaire, assez longue, blanchâtre, et son bout libre offre au microscope une sorte de *gland* avec un très-petit crochet de chaque côté.

L'armure du *Sphærocera* est ovalaire et noire. La pièce basilaire est assez large, transversale, un peu arquée. Les branches du *forceps* sont pointues, médiocrement courbes, velues en dehors. Le fourreau se termine par deux stylets bruns sétiformes.

L'armure du *Phora pallipes* consiste principalement en un *forceps* coriacéo-corné, à branches grosses et hérissées de soies roides à leur base, étrécies ensuite pour se terminer par un crochet en cuilleron arrondi, très-cilié en dehors. Le fourreau est glabre, cylindroïde, avec deux soies courbes à sa pointe. Ce dernier trait rappelle celui du *Sphærocera*. Le microscope m'a fait découvrir, à la base du fourreau, deux plaques ovalaires ciliées, appartenant peut-être à une *volselle*.

ARTICLE II.

APPAREIL GÉNITAL FEMELLE.

Mes investigations anatomiques sur cet appareil ne m'ont pas mis à même de croire que dans les Muscides acalyptérées il existât des espèces vivipares, comme dans les calyptérées. Je n'y ai découvert aucun vestige de réservoirs ovo-larvigères. Les œufs à terme tombent dans le calice, quand il y en a, ou enfilent l'oviducte, pour séjourner, avant d'être pondus, dans un renflement de celui-ci, qui devient un réservoir ovigère, analogue à celui dont les calyptérées nous ont fourni plusieurs exemples. Je me bornerai à choisir, dans le grand nombre d'ovaires que j'ai étudiés, ceux dont les modifications, de forme ou de structure, peuvent servir de types pour l'ensemble de la famille.

Les *ovaires* du *Sepedon sphegeus* et du *Tetanocera stictica* consistent en deux grappes ovalaires-conoïdes de vingt-cinq à trente gaînes ovigères multiloculaires. Le *calice* est postérieur et plus ou moins cupuliforme. Le *col* est fort court, et l'*oviducte* long et filiforme, sans réservoir ovigère. Les *œufs* à terme sont oblongs et blancs. Je n'ai su apercevoir, pour appareil sébifique et séminal

du *Sepedon*, que deux boyaux filiformes plus ou moins boursouflés, d'une légère teinte roussâtre, renflés en arrière en une vésicule ovalaire qui s'insère par un petit col à l'extrémité de l'oviducte. Malgré des recherches réitérées, je n'ai pas découvert des orbicelles, comme dans d'autres Dolichocères, et je sens le besoin de reprendre ces autopsies.

J'ai trouvé dans les *Tetanocera aratoria* et *stictica*, trois *orbicelles* à centre noir, munis de cols éfférents capillaires. Dans la première de ces espèces, il existe aussi deux réservoirs utriculaires ovales atténués en col.

L'*oviscapte* des Dolichocères est nul ou presque nul, et c'est l'indice que ces Diptères n'introduisent pas, mais déposent leurs œufs. Les derniers segments dorsaux du *Sepedon* sont étroits, engaînés de manière à se prêter, lors de la ponte, à des mouvements variés et à un certain allongement. Il y a deux *tentacules vulvaires* d'un seul article ovalaire velu.

Les *ovaires* du *Loxocera* ont la configuration de ceux des Dolichocères, mais ils n'ont chacun que dix à douze *gaînes ovigères* allongées, tri ou quadriloculaires, ce qui explique la rareté de ces Diptères comparativement aux Sepedons. L'*oviducte* présente, peu après son origne, un *réservoir ovigère* allongé, à parois épaises et consistantes. L'appareil sébifique et séminal ne m'a offert que deux *orbicelles* à centre roussâtre, subsessiles, et un seul réservoir ovoïde pédicellé. L'*oviscapte* est petit, d'une seule pièce tubuleuse brune et grêle. Il insère sans doute les œufs dans quelque milieu résistant.

Ceux du *Chyliza* ont encore la forme des précédents, avec une quinzaine environ de gaînes ovigères multiloculaires. L'oviducte a un réservoir ovigère, analogue à celui du *Loxocera*. Les œufs à terme sont allongés et blancs. L'*oviscapte* est formé aussi d'un seul tuyau rétractile, terminé par deux *tentacules vulvaires*, d'un seul article. Les réservoirs séminaux sont ovales, avec un long col.

Dans les Scatomyzides, les ovaires du *Sapromyza ustulata* ont

un nombre indéterminable de *gaines ovigères* multiloculaires, et l'oviducte offre, comme les précédents, un réservoir ovigère. La glande sébifique a trois orbicelles ronds à centre noir, munis d'un très-long col ; le *Sap. rorida* n'en a que deux, mais l'un a deux taches noires, et l'*Helomyza rufa* a deux longs cols avec un double orbicelle à chacun.

Les *ovaires* du *Platystoma*, dans un état de fécondation avancée, sont gros, subglobuleux, blancs, hérissés dans tous les sens par une quantité innombrable (plusieurs centaines) de *gaines ovigères* allongées, très-serrées, biloculaires, terminées par un ligament propre. Le *calice*, qui, dans les groupes précédents, était postérieur, est ici central; le *col* fort court, ainsi que l'*oviducte*, jusqu'à l'insertion de la glande sébifique, car après celle-ci il se prolonge pour suivre les mouvements de l'oviscapte. Remarquez qu'il n'y a pas de *réservoir ovigère*. Les *œufs* sont allongés, grêles, pointus par un bout.

Dans les individus vierges, les ovaires sont plats, triangulaires, et les cols s'insèrent à l'angle postérieur et interne du triangle.

L'appareil sébifique et séminal, situé à peu de distance de l'origine de l'oviducte, a trois *orbicelles* ronds à centre noir, qui paraissent sessiles dans la situation normale des organes, mais qui, dans le fait, ont un très-long col efférent capillaire. Ces orbicelles sont tellement enlacés dans un tissu adipeux membraniforme, qu'il est fort difficile de les mettre en évidence. Les *réservoirs* séminaux sont deux boyaux allongés plus ou moins renflés vers leur milieu, flexueux, remplis d'une matière très-blanche. C'est surtout dans les individus non fécondés que les connexions de tous ces organes peuvent être bien saisies.

L'*oviscapte* est long et formé par deux tuyaux bruns, parcheminés, rentrant l'un dans l'autre, et dont le postérieur, plus grêle, se termine par quelques poils. Je n'ai pas aperçu des *tentacules vulvaires*. L'oviscapte, dans le repos, s'engage dans le cône tronqué noir, luisant, non rétractile, du bout de l'abdomen qui lui sert d'étui.

Les ovaires de l'*Ortalis lugens* ressemblent à ceux du *Platystoma* par leur configuration et le nombre des gaînes ovigères. Mais celles-ci m'ont paru tri ou quadriloculaires, et l'oviducte, après la glande sébifique, présente un réservoir ovigère oblong, à parois épaisses, comme dans la plupart des groupes précédents, ce qui éveille un peu mes doutes sur son absence dans le *Platystoma*.

Les *ovaires* des Sepsidées présentent, suivant leur état ou leur degré de fécondation, des différences insidieuses de forme et de structure apparentes. Aussi faut-il, pour ramener ces différences au type normal, multiplier à l'infini les autopsies aux diverses époques de la vie.

Dans le début de la gestation, les ovaires sont ovales ou ovales-oblongs, couverts de toutes parts de granulations arrondies, et au côté interne de chacun d'eux on remarque, tantôt plus, tantôt moins près de leur extrémité, un ligament comme fibreux ou strié, dirigé en avant. Dans cet état, les gaînes ovigères sont tellement agglomérées et confondues, qu'il est impossible de saisir leur forme propre. Par les progrès de la gestation, la configuration et même la structure éprouvent un changement considérable, une sorte de métamorphose. Lorsque l'évolution complète de l'organe est arrivée, lorsque les œufs sont à terme dans leurs gaînes, l'ovaire forme une sorte de rondelle comparable à celle des Muscies. La tranche de la rondelle présente une série circulaire et serrée de gaînes ovigères innombrables et uniloculaires, remplies d'œufs allongés, tandis que de son disque creux, excavé, part un faisceau pyramidal et effilé, formé par les longs ligaments suspenseurs propres de ces gaînes, et allant se fixer dans le thorax. J'ai donné la figure de ces deux états dans le *Cheligaster*.

Le *calice* de l'ovaire est postérieur, c'est-à-dire formé par l'évasement du *col*, du moins je l'ai constaté ainsi dans un *Nemopoda* qui avait peut-être déjà commencé sa ponte, et où, par conséquent l'origine du col s'était dilatée pour recevoir les œufs à terme. Cette dilatation était nulle dans l'ovaire du *Cheligaster* que j'ai re-

présentée. Le *col* est court, l'*oviducte* grêle, filiforme, aussi long que l'ovaire. Cet oviducte se perd en arrière dans un corps allongé à parois résistantes qui est le *réservoir ovigère*. Les *œufs* sont allongés, grêles, obtus, blanchâtres.

L'appareil sébifique et séminal s'insère immédiatement avant le réservoir ovigère. Il y a dans le *Cheligaster* trois *orbicelles*, dont deux à longs cols, et l'autre sessile. Ce dernier et l'un des autres ont un centre noir qui n'existe pas dans le troisième. Je n'ai pas aperçu les réservoirs séminaux, et je suis porté à croire qu'ils ont échappé à mes regards. Dans le *Nemopoda*, où les trois orbicelles sont tous pédicellés, et où un seul d'entre eux a le centre noir, j'ai trouvé un réservoir séminal ovalaire, mais un seul, ce qui n'est pas ordinaire.

L'*oviscapte* du *Cheligaster* m'a paru formé d'un seul tuyau allongé et rétractile. J'ai vu sortir par son bout deux crochets noirâtres à peine arqués, destinés sans doute à saisir ou à diriger les œufs lors de la ponte. Ces crochets ne sont pas des *tentacules vulvaires;* ceux-ci existent de chaque côté du dernier segment de l'abdomen sous la forme d'une fine et longue spatule.

Je n'ai étudié les ovaires des *Leptopodites* que dans le *Calobata*. Dans une gestation avancée, ils sont ovales, triangulaires, déprimés, mais plus ou moins fléchis sur eux-mêmes, pour se prêter à l'étroitesse de l'abdomen. Ils sont composés d'un nombre incalculable de gaînes ovigères allongées, tri ou quadriloculaires, ce qui annonce que cette espèce doit pulluler beaucoup. La face inférieure de l'ovaire est dégarnie de gaînes, excepté sur ses bords, en sorte que le *calice* est inférieur, le *col* est court, et l'*oviducte* aussi. Les *œufs* à terme sont allongés, pointus par un bout, blancs. Je n'ai constaté de la glande sébifique que deux orbicelles dépourvus de centre noir, mais avec de longs cols efférents.

Les *ovaires* de l'*Ulidia* ressemblent beaucoup à ceux de l'*Ortalis*, et surtout du *Platystoma*. Parvenus à leur dernière période de gestation, ils sont ovales, obtus, garnis d'une quantité prodigieuse (de centaines) de *gaînes ovigères*, uni ou biloculaires très-

serrées, paraissant alors globuleuses, parce que les bouts des œufs qu'elles contiennent sont sursaillants. Le *calice* est postérieur, et le *col* fort court. L'*oviducte* est long et forme, bientôt après son origine, une double anse dilatée et d'une consistance calleuse. C'est un *réservoir ovigère*. Les *œufs* à terme sont ovales-oblongs, blancs.

L'appareil sébifique et séminal a, dans l'*Ulidia*, une composition différente de celles que nous avons étudiées jusqu'à ce jour. Les orbicelles à centre noir sont au nombre de trois, avec de longs cols capillaires. Deux d'entre eux ont un pédicule commun, mais chacun d'eux a un col court. Le troisième conflue avec les deux autres pour former un conduit excréteur assez court, qui s'insère sous l'origine du renflement ovigère. Les réservoirs séminaux sont deux utricules pyriformes, avec un long canal excréteur capillaire.

Les *ovaires* de l'*Ochtera*, au temps d'une gestation avancée, sont volumineux et ovalaires. Les *gaînes ovigères*, au nombre de quinze à vingt, sont allongées quadri ou quinqueloculaires. Les *œufs* à terme sont remarquables par leur couleur noirâtre, leur grandeur, leur forme oblongue, cambrée parfois, atténuée à un bout, et les fines stries longitudinales de leur surface. Le microscope y révèle une enveloppe diaphane. Leur structure annonce quelque particularité dans leur destination.

Ovaires du *Teichomyza* et du *Drosophila :* ovales-conoïdes, composés chacun d'une vingtaine environ de *gaînes ovigères*, allongées, quadriloculaires. *Col* assez court, *oviducte* filiforme, flexueux, plus long que l'ovaire.

L'appareil sébifique et séminal est inséré, non à l'origine, mais à l'extrémité postérieure de l'oviducte. *Orbicelles* globuleux, subdiaphanes, dépourvus de centre noir, de consistance un peu calleuse, munis d'un col capillaire à peine de leur longueur. *Réservoir séminal* en étui oblong, subcoriacé, cylindroïde, tronqué au bout, avec son axe faiblement roussâtre, et un col grêle plus court que lui.

Ovaires du *Piophila petasionis :* en rondelle subarrondie, comme hérissée, à sa paroi supérieure, d'une quarantaine de gaînes ovigères, courtes, subtriloculaires ; calice inférieur, col bien marqué. Oviducte gros, expansible, offrant un cul-de-sac latéral (*bourse copulatrice* d'Audouin), glande sébifique à un seul orbicelle à large centre noir, sessile ; deux paires de réservoirs séminaux, l'une ovoïde, pédicellée, l'autre en boyau allongé, courbé, inséré par un col capillaire. Oviscapte de trois tuyaux engaînés.

Ovaires du *Borborus:* ovalaires composés d'une vingtaine environ de *gaînes ovigères* bi ou triloculaires, courtes, grosses, insérées sur la paroi supérieure de l'organe; *calice* par conséquent inférieur. *Col* court, *oviducte* assez long et filiforme. Ce dernier se reploie d'abord en une circonvolution, puis il augmente un peu de diamètre et ses parois deviennent consistantes pour former un *réservoir ovigère. Œufs* ovales, obtus.

L'appareil sébifique et séminal s'insère au bout de l'oviducte après le réservoir ovigère, ce qui est insolite. Deux *orbicelles* à centre noir, ovalaires, à col plus court que de coutume, renflé à sa naissance. Autour de ces orbicelles, on voit les replis assez nombreux d'un ou peut-être de deux tubes blanchâtres, capillaires, dont je n'ai pas constaté les connexions, et qui correspondent aux *réservoirs.*

Ovaires du *Phora pallipes:* dans une fécondation avancée, oblongs, obtus, composés de vingt à vingt-cinq *gaînes ovigères*, uni ou peut-être biloculaires, peu serrées, affectant une disposition en séries longitudinales. *Calice* postérieur, *col* court, *oviducte* grêle, assez long. *Œufs* à terme, ovales, obtus, blancs. Ovaires du *Sordidipennis* ayant l'originalité anatomique des autres viscères. Quoique la femelle où je les ai étudiés fût dans un état de grossesse à terme, et que le développement des ovaires eût envahi presque toute la cavité abdominale, chacun d'eux n'était composé que de cinq *gaînes ovigères* subbiloculaires, ce qui prouve la rareté de cette espèce. Les œufs sont gros, ovales-arrondis, blancs. *Col*

bien marqué, ainsi que l'oviducte. L'appareil sébifique et séminal offre, relativement à son point d'insertion, une exception dont le *Borborus* nous a déjà fourni un exemple. Il s'insère à la partie postérieure de l'oviducte. Il n'y a pour organe sécréteur qu'une grosse vésicule ovoïde subdiaphane remplie d'un liquide roussâtre. Deux vaisseaux simples capillaires reployés, insérés aux côtés de la vésicule, représenteraient les réservoirs séminaux.

FAMILLE DES PUPIPARES.

Le fait original qui a donné son nom à cette famille, la dernière de l'ordre des Diptères, est acquis à la science depuis le beau mémoire que Réaumur consacra à l'illustration de l'Hippobosque[1], et qui n'a laissé rien à apprendre sur le genre de vie et les métamorphoses de cet insecte.

Les Pupipares devaient aussi exciter un vif intérêt sous le rapport de leur anatomie, tous les méthodistes s'étant accordés à les reléguer au dernier degré de l'échelle diptérologique, il devenait curieux de constater cette décadence organique. En 1825, j'ai publié, sur l'*Hippobosca equina*, mes recherches anatomiques[2]. Je les ai renouvelées depuis, et je vais en donner un extrait en y ajoutant quelque chose sur le *Melophagus*.

Espèces disséquées :

1. *Hippobosca equina*. L.
2. *Melophagus ovinus*. Latr.
3. *Ornithomya viridis*. L.

L'absence totale des segments à l'abdomen, tant à la région dorsale qu'à la ventrale, est, dans les Pupipares, un caractère de structure extérieure d'autant plus intéressant à signaler, que la transition avait déjà été préparée par le *Platystoma*, où le ventre seul est dépourvu de segmentation. Je ne me lasse pas d'appeler

[1] *Mém.* 14, t. VI, pl. 48.
[2] *Annal. des sc. nat.* t. VI, p. 299, pl. 13.

l'admiration sur cette marche successive de la nature dans les créations. C'est une loi universelle. Le tégument abdominal de l'hippobosque est épais, coriacé, mais susceptible d'une grande extension. Il est doublé d'un muscle peaucier dont la contractilité s'exerce puissamment à l'époque de l'accouchement. Les poils y sont implantés chacun sur une éminence arrondie.

CHAPITRE PREMIER.

APPAREIL DIGESTIF.

Ces insectes se nourrissent du sang des animaux vivants dont ils sont parasites.

Les *glandes salivaires* sont plus compliquées, mieux organisées que dans beaucoup d'autres insectes. L'organe *sécréteur* occupe la base de la cavité abdominale. Il consiste, dans l'hippobosque et l'ornithomye, en un boyau flexueux, et dans le mélophage, en une capsule subglobuleuse. Il communique par un col *efférent* très-capillaire à un *réservoir* membraneux, orbiculaire dans le mélophage et l'ornithomye, ovoïde dans l'hippobosque, situé vers le milieu du thorax. De ce réservoir, part brusquement un canal *excréteur* très-fin, plus ou moins reployé, confluent avec son congénère en un conduit commun, qui verse la salive dans la bouche.

Le *tube alimentaire* est le plus étendu de tous ceux des Diptères, puisqu'il a huit à neuf fois la longueur de l'insecte. Celui des derniers genres des acalyptérées nous avait déjà préparés à la progression croissante de la longueur de ce canal, avec la progression décroissante de l'organisation. C'est là un fait curieux à consigner. La privation absolue de la *panse* est encore un fait négatif d'un piquant intérêt, quand on se rappelle que le genre *Phora* qui, dans la série, précède immédiatement les Pupipares, nous avait fourni des variations de cet organe qui témoignaient hautement des incertitudes organogéniques et de la tendance à la disparition de ce premier réservoir digestif. L'*œsophage* est court

et très-fin. Le *ventricule chylifique*, de la longueur des trois quarts de tout le tube, débute dans le thorax par un renflement ovalaire un peu calleux, un *jabot, plutôt qu'un gésier*. Il offre, dans l'abdomen, des boursouflures variables plus ou moins gorgées de sang; puis il devient filiforme, et s'enroule en plusieurs circonvolutions.

Les *vaisseaux hépatiques* n'ont pas de *canaux cholédoques*, et ont leurs quatre insertions isolées. La bile est souvent, comme dans les *Phora*, d'un blanc amylacé. L'*intestin*, grêle comme un fil, débute par un renflement en godet, ce qui est un trait anatomique propre à l'hippobosque. Le *rectum* a quatre boutons charnus arrondis. Ceux-ci sont des muscles papilliformes.

CHAPITRE II.

APPAREIL GÉNITAL.

ARTICLE Ier.

APPAREIL GÉNITAL MÂLE.

Les *testicules* sont fauves à l'extérieur, comme ceux du plus grand nombre des Muscides; mais ils ont une structure fort rare dans les Diptères, où cependant les Asiles et les Conops nous en ont fourni des exemples assez analogues. Ils consistent chacun en une agglomération des nombreux replis d'un vaisseau spermifique simple, subcapillaire, qui, déroulé, a quatre ou cinq fois la longueur du corps de l'insecte. Parmi les Coléoptères, les Carabiques ont de semblables testicules. Ceux du *Drosophila fasciata*, Diptère de la famille des Muscides acalyptérées, en approchent pour la longueur du vaisseau spermifique, mais non pour sa disposition. Le *conduit déférent* n'est que la continuation du testicule Il y a une paire de *vésicules séminales* capillaires, mais chacune d'elles, peu avant son insertion, se divise en deux branches simples. Le *canal éjaculateur* est fort gros, comparativement aux autres parties. Il est conoïde, et s'atténue en arrière pour devenir fili-

forme; à peu près droit dans le mélophage et l'ornithomyie; replo-yé dans l'hippobosque. L'*armure copulatrice* a un forceps à deux lames droites contiguës dans le repos. Le fourreau de la verge se termine par deux petits tentacules.

ARTICLE II.

APPAREIL GÉNITAL FEMELLE.

Les Pupipares n'accouchent ni d'œufs ni de larves, mais d'une chrysalide ou pupe sous la forme apparente d'un œuf démesurément grand. Ce mode de parturition exigeait une organisation exceptionnelle de l'appareil générateur, et dans l'immense nation des insectes, il n'existe aucun autre exemple d'un semblable fait. Cet appareil se compose des *ovaires*, de l'*oviducte*, d'une *matrice*, d'une *glande sébifique* et de *réservoirs séminaux*.

Les *ovaires* ne sont plus, comme dans les autres insectes, deux faisceaux de gaînes ovigères uni ou pluriloculaires. Chacun d'eux est une capsule simple, monosperme, ovoïde. L'un est constamment plus petit que l'autre, parce qu'ils ne sont pas fécondables en même temps. Arrondis à leur bout libre, ils s'atténuent en un col pour s'aboucher à l'oviducte. Dans mes nombreuses autopsies, je n'y ai jamais rencontré un véritable œuf. J'y ai vu un *embryon* qui ne tarde pas à revêtir l'ébauche de la pupe elle-même. Mais cet embryon, à l'époque de sa maturité, loin de se détacher comme un œuf pour tomber dans l'oviducte, tient encore à l'ovaire par un *cordon ombilical* qui le lie anatomiquement et physiologiquement avec le corps de la mère.

La *matrice* est un organe creux ovalaire, blanc, éminemment contractile et expansible, s'abouchant, d'une part, à l'oviducte, de l'autre sessilement à la vulve. Elle est destinée à recevoir le produit de la conception. Celui-ci est toujours unique, et mérite le nom de *fœtus*. Dans les premiers temps de la gestation, il demeure encore suspendu au cordon ombilical. Par le progrès de son développement, il rompt ses liens avec sa mère, et acquiert une vie

privée, individuelle. Celle-ci s'établit, se maintient par l'emprunt à la matrice d'un appareil circulatoire trachéen, d'un système vasculaire nutritif que le fœtus s'approprie définitivement pour vivre de sa vie propre et indépendante. Il est déjà à cette époque pupe, et à quelque phase de la fécondation que j'aie étudié cet insecte, jamais je n'ai pu y constater ni un *œuf* ni une *larve*. Ainsi la pupe ou chrysalide semble exister *a conceptu*. C'est là un fait unique en entomologie, et inédit jusqu'à ce jour. Je développerai, dans un mémoire spécial dont je coordonne les matériaux, l'anatomie et la physiologie de ce piquant organisme.

Le produit de la parturition ou la pupe offre, dans les divers Pupipares, des différences de forme et de structure dont je réserve l'exposition pour le mémoire dont je viens de parler.

La *glande sébifique* a pour son organe pair de sécrétion un arbuscule rameux à tronc distinct, à cime plus ou moins agglomérée. Les deux troncs, avant leur insertion à l'oviducte, confluent en une souche commune fort courte. Les rameaux et les ramuscules de cette curieuse glande ont un filet tubuleux inclus, mais leur enveloppe est peu ou point contractile, tandis que le tronc et les canaux qui vont y verser le produit de la sécrétion, ont, et une tunique extérieure musculaire et un tube axal strié en travers ou mieux annelé.

Les *réservoirs séminaux*, pareillement doubles, sont insérés un peu en avant de la glande sébifique. Dans le mélophage, c'est une bourse simple et oblongue, dans l'hippobosque, un tube rameux à rameaux courts, inégaux et rares.

EXPLICATION DES FIGURES,

TOUTES CONSIDÉRABLEMENT GROSSIES.

Fig.

1. Système nerveux de *Tipula oleracea*.
   - *aa*. Hémisphères cérébraux étalés et rétines oculaires.
   - *bb*. Optiques et rétines ocellaires.
   - *c*. Portion du tube digestif avec l'œsophage engagé dans le *collier œsophagien*.
   - *d*. Ganglions thoraciques soudés.
   - *ee*. Ganglions abdominaux et paires de nerfs qui en naissent.
2. Système nerveux de la larve de *Xyphura atrata*.
   - *aa*. Hémisphères cérébraux étalés.
   - *b*. Portion du tube digestif avec l'œsophage engagé dans le collier œsophagien.
   - *c*. Ganglions thoraciques contigus.
   - *dd*. Ganglions abdominaux.
3. Système nerveux de *Tabanus bovinus*.
   - *aa*. Lobes du cerveau vus par-dessus et recouverts par les *choroïdes*.
   - *b*. Bulbe rachidien, avec le collier œsophagien marqué d'un trait.
   - *c*. Ganglion thoracique avec ses paires de nerfs.
   - *d*. Ganglions abdominaux, *idem*.
4. Cerveau de ce *Tabanus*, renversé pour mettre en évidence ses hémisphères enchatonnés dans les rétines oculaires.
5. Choroïde détachée et renversée pour faire voir les trachées de sa face *rétinéenne*.

Fig.

6. Système nerveux de *Volucella zonaria*.
   - *aa*. Cerveau renversé et étalé. On y voit ses hémisphères enchatonnés dans les rétines et les trois optiques ocellaires avec leurs choroïdes.
   - *b*. Portion du canal digestif, avec l'œsophage engagé dans le collier œsophagien.
   - *c*. Ganglion thoracique avec ses paires de nerfs.
   - *d*. Ganglions abdominaux avec leurs nerfs.
7. Système nerveux ganglionnaire de *Conops rufipes* mâle.
   - *a*. Ganglion thoracique.
   - *b*. Ganglion abdominal.
8. Système nerveux ganglionnaire du *Conops rufipes* femelle.
   - *a*. Ganglion thoracique.
   - *b*. Ganglion abdominal beaucoup plus distant du précédent que dans le mâle.
   - *cc*. Longs filets nerveux simples qui n'existent pas dans le mâle.
   - *d*. Division du cordon inter-ganglionnaire, qui est simple dans le mâle.

Fig.

9. Système nerveux de *Calliphora vomitoria*.

   aa. Hémisphères cérébraux étalés, bordés par la choroïde.
   b. Nerfs *buccaux* et *antennaires* partant de deux mamellons cérébraux.
   c Bulbe rachidien et collier œsophagien marqué par un trait.
   d. Ganglion unique, thoracique, avec ses paires de nerfs.
   e. Cordon nerveux médian avec ses paires de nerfs.

10. Hémisphère cérébral détaché et choroïde.

11. Nerfs et rétines ocellaires isolés.

12. Appareil respiratoire de la larve de *Mycethophila inermis*, nombre et disposition des stigmates et des trachées.

   aa. Stigmates thoraciques.
   bb. Stigmates abdominaux.

13. Appareil respiratoire de larve de *Tipula lunata*.

   aa. Stigmates vus par leur face interne pour faire voir le parenchyme trachéen.

14. Un de ces stigmates vu par sa face externe.

15. Profil du *Tabanus bovinus*, nombre et disposition des stigmates.

   aa. Stigmates thoraciques, l'antérieur mésothoracique, le postérieur métathoracique.
   b. Stigmates abdominaux; *inter-segmentaires*.

16. Un stigmate thoracique détaché de ce *Tabanus*, pour faire voir sa structure, sa valve ciliée.

17. Abdomen de *Lucilia Cæsar* vu par sa face inférieure avec le nombre et la disposition des stigmates abdominaux; *segmentaires*.

18. Tête et appareil digestif du *Culex annulatus* femelle.

   a. Tête avec ses antennes à poils verticillés, ses palpes, sa trompe.
   bb. Glandes salivaires.
   cc. Bourses ventriculaires.
   d. Panse.
   e. Ventricule chylifique.
   ff. Vaisseaux hépatiques.
   g. Rectum précédé de l'intestin.
   h. Derniers segments dorsaux de l'abdomen.

19. Origine du tube digestif de ce *Culex*, vue par-dessous pour montrer en *aa* les bourses ventriculaires en *b*, une forme particulière de la panse.

20. Appareil génital mâle du même *Culex*.

   aa. Testicules.
   bb. Conduits déférents.
   cc. Vésicules séminales.
   d. Armure copulatrice vue par dessus.

21. Armure copulatrice vue par dessous.

   aa. Branches du forceps.
   b. Volselle.

22. Appareil génital femelle de ce *Culex*.

   aa. Ovaires fécondés.
   b. *Orbicelles* de la glande sébifique.

Fig

c. Réservoir séminal.
d. Dernier segment dorsal avec les *tentacules vulvaires*.
A. Gaîne ovigère détachée, uniloculaire.
B. Œufs de diverses formes.
C. Un orbicelle isolé avec son centre noir et son col efférent.
D. Tentacule vulvaire isolé.

23. Tête et appareil digestif de *Tipula oleracea* femelle.

a. Tête horizontale avec les antennes, les palpes et les parties de la bouche étalés.
bb. Glandes salivaires.
c. Panse.
d. Ventricule chylifique.
ee. Vaisseaux hépatiques.
f. Rectum précédé de l'intestin.
g. Bout de l'abdomen et oviscapte.
A. Portion de l'antenne pour faire voir sa composition et sa structure.
B. Une palpe isolée : structure semi-articulée du dernier article.
C. Portion du tissu adipeux splanchnique.
D. Glandes salivaires détachées.
aa. Cols efférents.
b. Conduit excréteur.
E. Extrémité du ventricule chylifique.
a. Insertions des vaisseaux hépatiques.
b. Origine de l'intestin.
F. Configurations particulières du réservoir de la panse.

24. Glandes salivaires fort longues de *Macrocera hybrida*.

25. Appareil génital mâle de *Tipula oleracera*.

Fig.

aa. Testicules.
bb. Conduits déférents.
c. Vésicules séminales et canal éjaculateur.
d. Bout de l'abdomen et armure copulatrice.

26. Portion de ce même appareil isolée, déroulée et étalée.

aa. Testicules.
bb. Renflements épididymiques des conduits déférents.
c. Cordon ou fourreau renfermant une partie des conduits déférents.
dd. Vésicules séminales.
e. Canal éjaculateur.
f. Fourreau de la verge avec la vésicule centrale insolite, et la membrane byaline.
A. Extrémité tricuspidée du fourreau de la verge.

27. Armure copulatrice de la même *Tipula*, vue par sa face inférieure avec toutes ses parties constitutives étalées.

a. Plaque ventrale refendue au milieu, et formant le réceptacle de l'armure.
bb. Pièces *latérales* consistant dans les *opercules*, les crochets du *forceps*, les *baguettes*, la *rotelle* en lames de sabre, et deux *stylets*.
c. Pièces *centrales* : à sa base une trifide, puis la verge.
A. Verge isolée; *gland* bifide.

28. Appareil génital femelle de *Tipula oleracea*.

a. Ovaires avec les œufs à terme noirs.

Fig.

bb. Cols des ovaires.
c. Ligament suspenseur.
d. Vésicules sécrétoires de la glande sébifique.
e. Réservoirs.
A. Gaîne ovigère isolée.
B. Réservoirs isolés.

29. Appareil génital femelle du *Ceroplatus dispar.*

aa. Ovaires.
bb. Cols.
c. Glande sébifique.
d. Bout de l'abdomen et oviscapte.
A. Gaîne ovigère, uniloculaire.
B. Lame de l'oviscapte.

30. Glande sébifique de ce *Ceroplatus*, vue par-dessous pour montrer

a. Les organes sécréteurs avec leurs cols.
bb. Les réservoirs.
c. Le bulbe de l'oviducte.
dd. Les cols des ovaires.

31 Bout de l'abdomen et armure copulatrice du mâle.

32. Tête et appareil digestif de *Trichoptera trifasciata* femelle.

a. Tête avec antennes et palpes étalées.
b. Panse.
c. Ventricule chylifique.
dd. Vaisseaux hépatiques et *vésicules biliaires.*
e. Intestin et rectum.
f. Bout de l'abdomen.
A. Portion de tissu adipeux splanchnique.

33. Portion de l'organe digestif isolée, pour faire voir une variété à cinq vaisseaux hépatiques.

Fig.

34. Appareil génital mâle de *Trichoptera ocellaris.*

aa. Testicules.
bb. Vésicules séminales.
cc. Autre paire de ces vésicules.
d. Armure copulatrice et bout de l'abdomen.
A. Branche du forceps isolée.
B. Branche de la volselle isolée.

35. Testicule et vésicules séminales isolés, pour mettre en évidence leurs connexions.

a. Testicule à peine atténué au conduit déférent.
b. Vésicule séminale plus grande.
c. Autre vésicule plus petite.
d. Canal éjaculateur.

36. Tête et appareil digestif de la larve de *Tipula lunata.*

aa. Glandes salivaires.
b. Œsophage.
c. Gésier.
dd. Bourses ventriculaires.
e. Ventricule chylifique.
ff. Vaisseaux hépatiques.
g. Cœcum latéral.
h. Intestin et rectum.
i. Lambeaux mésentériformes criblés du tissus adipeux.

37. Tête et appareil digestif du *Tabanus tropicus* femelle.

a. Tête avec antennes, palpes et trompe très-étalées.
bb. Glandes salivaires.
c. Panse.
dd. Bourses ventriculaires.
e. Ventricule chylifique en partie granuleux terminé par quelques papilles isolées.
ff. Vaisseaux hépatiques.

Fig.

g. Rectum et intestin.
h. Dernier segment dorsal de l'abdomen.

38. Glandes salivaires isolées de *Tabanus bovinus*.

aa. Cols efférents.
b. Conduit excréteur.

39. Portion du canal digestif du *Tab. bovinus*, vue par la surface inférieure, pour montrer les connexions.

a. Œsophage un peu renflé.
b. Panse avec son réservoir vide, plissé, festonné et l'insertion de son col à la terminaison de l'œsophage.
cc. Bourses ventriculaires avec ligament terminal.

40. Tête détachée et trompe très-étalée de *Pangonia marginata* femelle, pour mettre en évidence sa composition

a. Fourreau ou *étui* de la trompe.
bb. Les *valves*.
cc. Les *lancettes*.
d. L'*hypoglosse*.
e. La *langue*.

41. Appareil génital mâle de *Tabanus ater*.

a. Testicules.
bb. Conduits déférents.
cc. Vésicules séminales.
d. Canal éjaculateur.
e. Dernier segment dorsal de l'abdomen.
f. Armure copulatrice.
A. Forme particulière du testicule de ce même *tabanus*.

Fig.

B. Portion de cet appareil génital renversée.
aa. Insertions des conduits déférents aux vésicules séminales et confluence de celles-ci pour former le canal éjaculateur.
C. Branche du forceps isolée.
D. Pièce biarticulée.
E. Fourreau de la verge.

42. Appareil génital femelle du *Tabanus bovinus*.

aa. Ovaires avancés dans la gestation.
b. Ligament suspenseur.
c. Orbicelles de la glande sébifique.
dd. Réservoirs.
e. Rectum.
f. Dernier segment dorsal de l'abdomen.
g. Tentacules vulvaires.
A. Gaîne ovigère isolée.
A. Orbicelle avec son col efférent.

43. Tête et appareil digestif d'*Ephippium thoracicum*.

a. Tête et antennes.
bb. Glandes salivaire.
c. Panse.
dd. Bourses ventriculaires.
e. Ventricule chylifique.
f. Vaisseaux hépatiques avec un seul canal cholédoque.
gg. Deux des vaisseaux hépatiques plus grêles.
h. Intestin débutant par un renflement.
i. Rectum.
j. Bout de l'abdomen terminé par les tentacules vulvaires.
k. Portion de l'organe dorsal.

Fig.

44. Glandes salivaires de *Stratiomys chamæleon*.

45. Appareil digestif de *Vappo pallipennis*.

aa. Glandes salivaires.
b. Panse.
cc. Bourses ventriculaires.
d. Ventricule chylifique.
e. Vaisseaux hépatiques avec un canal cholédoque unique.
f. Deux de ces vaisseaux plus courts rudimentaires.
g. Intestin.
h. Rectum.
A. Vésicule de la glande sébifique du *Vappo*.

46. Appareil génital mâle de *Sargus cuprarius*.

aa. Testicules.
bb. Conduits déférents.
cc. Vésicules séminales.
d. Canal éjaculateur.
e. Armure copulatrice établie.
A. Portion isolée d'une branche du forceps avec son crochet velu.
B. Fourreau de la verge isolé avec ses appendices.

47. Appareil génital mâle de *Beris vallata*.

aa. Testicules.
bb. Vésicules séminales.
c. Canal éjaculateur.
d. Armure copulatrice vue par-dessus.

48. Cette même armure isolée est vue par-dessous.

a. Tube du canal éjaculateur.
b. Pièce basilaire.
cc. Branches du forceps.

Fig.

dd. Lames qui accompagnent le fourreau de la verge.

49. Portion isolée de ce même appareil génital.

a. Testicule.
b. Conduit déférent aggloméré.
cc. Portion des vésicules séminales.
d. Canal éjaculateur.

50. Appareil génital mâle d'*Odontomyia tigrina*.

aa. Testicules.
b. Peloton des conduits déférents agglomérés.
cc. Insertion de ces conduits aux vésicules séminales.
dd. Vésicules séminales.
e. Canal éjaculateur.
f. Armure copulatrice à branches du forceps fortes, hérissées au dehors et au dedans; à fourreau de la verge court tronqué.

51. Appareil génital femelle de *Beris vallata*.

aa. Ovaires.
b. Oviducte.
c. Orbicelles.
dd. Réservoirs séminaux.
e. Tentacules vulvaires bi-articulés.
A. Gaine ovigère et œufs de ce *Beris*.
B. Orbicelles et cols efférents fléchis au même point.

52. Tête et appareil digestif de *Dasypogon Teutonus* femelle.

a. Tête avec antennes, palpes et trompes étalées.
bb. Glandes salivaires.
c. Panse.
dd. Bourses ventriculaires.
e. Ventricule chylifique.

Fig.

ff. Vaisseaux hépatiques.
g. Rectum avec ses boutons charnus et l'intestin grêle.
h. Bout de l'abdomen et tentacules vulvaires.

53. Appareil digestif d'*Asilus crabroniformis*.

aa. Glandes salivaires, cols efférents et conduit excréteur.
b. Œsophage.
cc. Bourses ventriculaires. Il n'y a pas de panse.
d. Ventricule chylifique avec sa portion récurrente.
ee. Vaisseaux hépatiques.
f. Rectum.
A. Forme singulière de la glande salivaire.

54. Œsophage isolé pour faire voir sa structure singulière et son mode insolite d'implantation au ventricule chylifique.

55. Appareil génital mâle de *Laphria fulva*.

a. Testicules dans leur *scrotum*.
bb. Vésicules séminales.
cc. Forceps copulateur.
A. Harpon et pièce carrée de la *volselle*.
B. Pièce réceptaculaire de l'armure vue par sa face inférieure et convexe, avec deux faisceaux de soies et deux appendices spatulés.
C. Fourreau de la verge isolé, terminé par une pointe bifide.

56. Testicules dégagés du scrotum.

aa. L'un roulé en tire-bouchon, l'autre déroulé.

Fig.

bb. Vésicules séminales.
c. Canal éjaculateur.

57. Appareil génital mâle de *Dasypogon Teutonus*.

aa. Testicules.
bb. Vésicules séminales.
c. Armure copulatrice.
A. Crochets de l'armure.

58. Appareil génital mâle d'*Asilus crabroniformis*.

aa. Testicules.
bb. Vésicules séminales.
c. Canal éjaculateur.
d. Armure copulatrice.

59. Cette armure vue par sa face inférieure.

a. Pièce basilaire.
bb. Branches du forceps.
cc. Volselle.
d. Fourreau de la verge.

60. Appareil génital femelle d'*Asilus crabroniformis*.

a. Ovaire dans sa situation naturelle.
b. Ovaire détaché et renversé pour faire voir le calice qui est inférieur.
c. Ce calice.
d. Organe sécréteur de la glande sébifique.
ee. Réservoirs.
f. Rectum.
g. Oviscapte et tentacules vulvaires.
A. Gaine ovigère multiloculaire.
B. Un des organes sécréteurs de la glande sébifique, isolé.

61. Appareil génital femelle d'*Empis livida*.

aa. Ovaires.

Fig.

b. Organe sécréteur de la glande sébifique.
cc. Réservoirs séminaux.
d. Bout de l'abdomen, oviscapte et tentacules vulvaires.
A. Gaîne ovigère isolée.

62. Tête et appareil digestif de *Bombylius minor*.

a. Tête, antennes et trompe.
bb. Glandes salivaires.
c. Panse.
dd. Bourses ventriculaires.
e. Ventricule chylifique.
ff. Vaisseaux hépatiques.
g. Rectum et boutons charnus.
h. Bout de l'abdomen.
A. Antenne isolée.
B. Glandes salivaires isolées.

63. Appareil génital mâle de *Bombylius posticus*.

aa. Testicules.
bb. Conduits déférents.
c. Vésicules séminales.
d. Canal éjaculateur.
e. Armure copulatrice.
A. Branche du forceps, isolée.

64. Appareil génital femelle de *Bombylius cruciatus*.

aa. Ovaires.
b. Orbicelles.
cc. Réservoirs.
d. Bout de l'abdomen et tentacules vulvaires.

65. Appareil sébifique et séminal de ce *Bombylius*, étalé.

a. Orbicelles et cols efférents.
bb. Réservoirs vésiculaires.
cc. Réservoirs capillaires.

Fig.

66. Bout de l'abdomen de *Bombylius major*.

a. Peigne.
A. Pointes ou baguettes isolées de ce peigne.

67. Orbicelle détaché de ce même *Bombylius*, avec le trait brun de l'axe de son col.

68. Appareil génital mâle de *Thereva plebeia*.

aa. Testicules.
bb. Vésicules séminales.
c. Canal éjaculateur.
d. Armure copulatrice.

69. Armure copulatrice vue par sa face inférieure.

aa. Pièces basilaires.
bb. Stylets.
cc. Forceps et volselle.
d. Fourreau de la verge.

70. Tête et appareil digestif du *Leptis tringaria* mâle.

a. Tête, antennes, palpes et parties de la bouche étalées.
bb. Glandes salivaires.
c. Panse.
dd. Bourses ventriculaires.
e. Ventricule chylifique.
ff. Vaisseaux hépatiques.
g. Intestin avec un renflement de son origine, et le rectum.
h. Bout de l'abdomen.
A. Glande salivaire détachée.

71. Appareil génital mâle de *Leptis tringaria*.

aa. Testicules.
bb. Conduits déférents.
cc. Vésicules séminales.

Fig.

d. Canal éjaculateur.
e. Dernier segment abdominal.
f. Armure copulatrice.
g. Branche du forceps isolée.
h. Fourreau de la verge.

72. Appareil génital femelle du *Leptis tringaria*.

aa. Ovaires.
b. Glande sébifique.
cc. Réservoirs séminaux.
d. Oviscapte.

73. Tête et appareil digestif de *Dolichopus nitidus*.

a. Tête placée horizontalement.
bb. Glandes salivaires.
c. Panse.
dd. Bourses ventriculaires.
e. Ventricule chylifique.
ff. Vaisseaux hépatiques.
g. Rectum et intestin.
h. Dernier segment abdominal.
A. Antenne isolée.
B. Diverses configurations du réservoir de la panse.
C. Glande salivaire isolée.

74. Appareil génital mâle de *Dolichopus nitidus*.

aa. Testicules.
bb. Conduits déférents.
cc. Vésicules séminales.
d. Canal éjaculateur.
e. Armure copulatrice.

75. Lamelle isolée de l'armure copulatrice.

76. Appareil génital femelle de ce *Dolichopus*.

aa. Ovaires.
b. Cols des ovaires.
c. Glande sébifique.

Fig.

dd. Réservoirs séminaux.
e. Oviscapte.
A. Gaine ovigère isolée.
B. Col efférent de l'organe sécréteur sébifique.
C. Réservoir isolé.
D. Bout isolé de l'oviscapte.

77. Tête et appareil digestif de *Volucella zonaria*.

a. Tête vue horizontalement.
bb. Glandes salivaires.
c. Panse.
dd. Bourses ventriculaires.
e. Ventricule chylifique.
ff. Vaisseaux hépatiques.
g. Rectum et intestin.
h. Dernier segment dorsal de l'abdomen.

78. Portion de cet appareil pour faire voir les connexions.

aa. Glandes salivaires.
b. Panse avec son col inséré à la terminaison de l'œsophage.
cc. Bourses ventriculaires appendiculées.
d. Ventricule chylifique.

79. Tête et appareil digestif de *Rhingia rostrata*.

a. Tete vue horizontalement.
bb. Glandes salivaires.
c. Panse.
dd. Bourses ventriculaires.
e. Ventricule chylifique.
ff. Vaisseaux hépatiques.
g. Rectum et intestin.
h. Bout de l'abdomen.

80. Portion de cet appareil renversée pour mettre en évidence l'insertion de la panse et la forme des bourses à digitations égales

Fig.

81 Appareil génital mâle de *Volucella zonaria*.

aa. Testicules et conduits déférents.
bb. Vésicules séminales.
c. Canal éjaculateur renflé en réservoir spermatique.
d. Armure copulatrice.
A. État particulier des testicules de cette même espèce.
B. Portion de l'armure copulatrice constituant l'*hypotome*.
C. Baguette isolée du fourreau de la verge.

82. Appareil génital femelle de cette *Volucella*.

aa. Ovaires.
b. Orbicelles.
cc. Réservoirs séminaux.
d. Oviseapte.
e. Rectum.
A. Gaîne ovigère isolée.
B. Orbicelle avec son col efféreut.

83 Appareil sébifique (et séminal) de l'*Eristalis tenax*.

aa. Arbuscules des reservoirs.
b. Orbicelles.
cc. Cols des ovaires et œufs.
d. Oviducte.

84. Tête et appareil digestif de *Scenopinus fenestralis*.

a. Tête vue horizoutalement, avec un trait transversal aux yeux.
bb. Glandes salivaires.
c. Panse à réservoir simple.
dd. Bourses ventriculaires.
e. Ventricule chylifique.
ff. Vaisseaux hépatiques.
g. Intestin.
h. Rectum

Fig.

i. Derniers segments dorsaux de l'abdomen.
A. Portion du canal digestif isolée pour mettre en évidence le mode d'insertion et de connexion des vaisseaux hépatiques.

85. Appareil genital mâle de ce *Scenopinus*.

aa. Testicules.
bb. Vésicules séminales.
c. Canal éjaculateur.
d. Armure copulatrice.

86. Appareil génital femelle de ce *Scenopinus*.

aa. Ovaires.
b. Cols des ovaires.
cc. Orbicelles et conduits efférents.
d. Dernier segment abdominal et tentacules vulvaires.
A. Réservoir séminal.
B. Orbicelle détaché.
C. Gaine ovigère isolée.

87. Tête et appareil digestif de *Myopa ferruginea*.

a. Tête vue horizontalement, avec antennes, palpes, trompe.
bb. Glandes salivaires.
c. Panse avec deux configurations différentes du réservoir.
d. Ventricule chylifique.
ee. Vaisseaux hépatiques.
f. Intestin et rectum.

88. Glandes salivaires isolées de ce *Myopa*.

89. Appareil génital mâle de *Stachynia meridionalis*.

aa. Testicules.
bb. Vésicules séminales.

Fig.

c. Canal éjaculateur.
d. Armure copulatrice.

90. Fourreau de la verge isolé.

91. Abdomens accouplés de *Conops rufipes*.

92. Appareil génital mâle de *Conops rufipes*.
aa. Testicules.
bb. Vésicules séminales.
c. Canal éjaculateur.
d. Armure copulatrice.

93. Tête et appareil digestif de *Cephalemyia ovis*.
a. Tête vue horizontalement.
b. Œsophage.
c. Panse.
d. Ventricule chylifique.
e. Vaisseaux hépatiques remarquables par leur grosseur.
f. Intestin et rectum.
g. Bout de l'abdomen et anus

94. Appareil génital mâle d'*Œstrus equi*.
aa. Testicules.
bb. Vésicules séminales.
c. Canal éjaculateur.
d. Armure copulatrice.

95. Tête et appareil digestif d'*Hypoderma bovis*, larve.
a. Tête vue horizontalement avec les diverses aspérités et les parties de la bouche.
bb. Glandes salivaires.
c. Panse.
d. Ventricule chylifique.
ee. Vaisseaux hépatiques.
f. Intestin.
g. Partie postérieure de l'abdomen, avec les deux stigmates.
h. Portion de l'organe dorsal.

Fig.

96. Tête et appareil digestif d'*Echinomyia grossa*.
a. Tête, antennes, etc
bb. Glandes salivaires avec un peloton de replis
c. Panse.
d. Ventricule chylifique, avec son origine en godet orbiculaire.
ee. Vaisseaux hépatiques.
f. Intestin.
g. Rectum avec ses boutons charnus.
h. Dernier segment dorsal de l'abdomen.
A. Portion de l'antenne.
B. Portion boursouflée d'un vaisseau hépatique.

97. Partie de l'appareil genital mâle de cette *Echinomyia*.
aa. Testicules.
bb. Conduits déférents.
cc. Vésicules séminales.
d. Canal éjaculateur.

98. Appareil génital mâle d'*Echinomyia rubescens*.
aa. Testicules avec les conduits déférents.
bb. Vésicules séminales.
c. Canal éjaculateur.
d. Armure copulatrice.

99. Appareil génital mâle de *Sericocera compressa*.
aa. Testicules et conduits déférents.
bb. Vésicules séminales.
c. Canal éjaculateur.
d. Armure copulatrice.
A. Volselle.

100. Appareil génital femelle d'*Echinomyia grossa*.
aa. Ovaires en rondelle ou plateau.

Fig.

b. Réservoir ovo-larvigère.
c. Appareil sébifique.
d. Rectum.
A. Lambeau du réservoir ovo-larvigère avec les œufs fixés à la paroi interne.
B. Une gaine ovigère isolée.

101. Portion détachée de ce même appareil vu par sa face inférieure.

aa. Les ovaires.
bb. Les cols des ovaires.
c. L'oviducte.
d. Les orbicelles.
ee. Les réservoirs séminaux.
f. Portion du réservoir ovo-larvigère.

102. Appareil génital femelle du *Dexia rustica*.

aa. Ovaires.
b. Appareil sébifique et séminal
c. Réservoir ovo-larvigère.
A. Œuf isolé.

103. Appareil sébifique et séminal isolé de ce même insecte.

a. Orbicelles.
bb. Réservoirs séminaux.

104. Larve de *Dexia* prise dans le réservoir ovo-larvigère.

105. Appareil génital femelle de *Gymnosoma rotundata*.

aa. Ovaires.
bb. Cols des ovaires.
c. Oviducte.
d. Orbicelles.
ee. Réservoirs séminaux.
A. Œufs.

Fig.

106. Tête et appareil digestif de *Prosena sibirica*.

a. Tête, antennes, trompe, etc.
bb. Glandes salivaires.
c. Panse.
d. Ventricule chylifique.
ee. Vaisseaux hépatiques.
f. Intestin et rectum.
g. Bout de l'abdomen.

107. Appareil génital femelle de *Prosena*.

aa. Ovaires.
b. Glande sébifique.
c. Réservoir ovo-larvigère.
d. Bout de l'abdomen et tentacules vulvaires.
A. Une gaine ovigère.

108. Appareil génital mâle de *Sarcophaga hæmorrhoidalis*.

aa. Testicules.
b. Conduits déférents.
cc. Vésicules séminales.
d. Canal éjaculateur.
e. Armure copulatrice.
f. Crochets du dernier segment ventral.
A. Fourreau de la verge isolé pour faire voir ses crochets.
B. Crochet en spatule arrondie.

109. Appareil génital femelle de *Sarcophaga*.

aa. Ovaires.
bb. Réservoirs ovo-larvigères pleins de larves.
c. Appareil sébifique et séminal.
d. Larves sortant du corps.
e. Rectum.

110. Ce même appareil renversé pour

Fig.

faire voir les connexions des parties constitutives.

aa. Ovaires avec leurs cols.
b. Réservoirs ovo-larvigères vides.
c. Oviducte.
d. Glande sébifique.

111. Appareil sébifique et seminal isolé et étalé.

aa. Orbicelles.
bb. Réservoirs séminaux.

112. Tête et appareil digestif de *Lucilia Cæsar*.

aa. Tête vue horizontalement.
bb. Glandes salivaires avec réservoir et peloton.
c. Panse.
d. Ventricule chylifique.
ee. Vaisseaux hépatiques.
f. Intestin.
g. Rectum.
h. Derniers segments abdominaux.
i. Portion des glandes salivaires pour mettre en évidence les réservoirs et le canal excréteur.

113. Appareil génital mâle du même *Lucilia*.

aa. Testicules et conduits déférents.
bb. Vésicules séminales.
c. Canal éjaculateur.
d. Armure copulatrice.
e. Pièces du dernier segment ventral.

114. Appareil génital mâle de *Calliphora vomitoria*.

aa. Testicules avec leur tunique accessoire.
b. Vésicules séminales.
c. Canal éjaculateur.
d. Armure copulatrice.

Fig.

115. Le même appareil plus grand.

aa. Testicules sans leur tunique accessoire, avec leurs conduits efférents.
b. Vésicules séminales.
c. Canal éjaculateur.
d. Armure copulatrice.

116. Appareil génital mâle de *Lispa tarsalis*.

aa. Testicules.
bb. Vésicules séminales.
c. Canal éjaculateur.
d. Armure copulatrice.
e. Pièces du dernier segment ventral.

117. Appareil génital mâle de *Cartonevra maculata*.

aa. Testicules avec leurs conduits déférents.
b. Canal éjaculateur à flectuosités qui tiennent lieu de vésicules séminales.
c. Armure copulatrice.

118. Appareil génital femelle de *Lucilia Cæsar*.

aa. Ovaires en rondelle.
bb. Appareil sébifique et séminal.
c. Rectum.

119. Appareil génital mâle de *Chyliza leptogaster*.

aa. Testicules.
bbbb. Vésicules séminales.
c. Canal éjaculateur.
d. Armure copulatrice.

120. Le même appareil vu par-dessous pour montrer les connexions de ses parties.

aa. Testicules turgescents.

Fig.

bbbb. Vésicules séminales.
c. Canal éjaculateur bulbeux à son origine.

121. Appareil génital mâle de *Scatophaga stercoraria*.

aaaa. Testicules avec des configurations diverses.
b. Vésicules séminales.
c. Canal éjaculateur.
d. Armure copulatrice.

122. Appareil génital mâle de *Loxocera ichneumonea*.

aa. Testicules.
bb. Vésicules séminales.
c. Vésicule impaire.
d. Armure copulatrice.

123. Appareil genital mâle d'*Ortalis vibrans*.

aa. Testicules.
bb. Deux paires de vésicules séminales.
c. Canal éjaculateur.
d. Armure copulatrice.
e. Fourreau de la verge roulé en ressort de montre.
A. Le même fourreau déroulé.

124. Portion de l'appareil génital mâle d'*Ortalis lugens*.

a Testicule.
b. Vésicule séminale.
c. Canal éjaculateur.
d. Armure copulatrice.
e. Fourreau de la verge.
B. Branche du forceps isolée.
C. Fourreau de la verge en partie déroulée pour faire voir sa structure.

125. Appareil génital mâle de *Platystoma umbrarum*.

aa. Testicules et conduits déférents.

Fig.

c. Vesicules séminales.
bb. Réservoir séminal.
d. Armure copulatrice.
e. Fourreau de la verge.
f. Gland.

126. Le même appareil déroulé et étalé.

aa. Testicules.
bb. Conduits déférents.
cc. Vésicules séminales.
d. Sinus semi-lunaire.
e. Canal éjaculateur.
f. Réservoir séminal.

127. Portion du fourreau de la verge et gland pour faire voir la structure.

A. Portion de l'armure copulatrice vue de profil.

128. Appareil génital mâle de *Heligaster putris*.

aa. Testicules.
bb. Vésicules séminales.
c. Vésicule impaire.
d. Canal éjaculateur.
e. Armure copulatrice.
A. Fourreau de la verge isolé.

129. Tête et appareil digestif de *Nemopoda cylindrica* femelle.

a. Tête.
bb. Glandes salivaires.
c. Panse.
d. Ventricule chylifique.
ee. Vaisseaux hépatiques.
f. Intestin.
gg. Glande odorifique.
h. Rectum.
i. Derniers segments dorsaux de l'abdomen.
A. Glande odorifique isolée.

130. Tête et appareil digestif de *Teichomyza fusca*.

a. Tête vue de côté pour montrer

Fig.

la structure singulière de la bouche.

bb. Glandes salivaires.
c. Panse.
d. Gésier.
e. Ventricule chylifique.
ff. Vaisseaux hépatiques.
g. Intestin.
h. Rectum.
i. Bout de l'abdomen.

131. Glande salivaire de *Sphærocera subsultans*.

132. Rectum de l'*Ochtera mantis* pour faire voir la glande singulière qui s'y trouve.

133. Œuf de ce Diptère.

134. Tête et appareil digestif de *Phora pallipes*.

a. Tête avec antennes, palpes, trompe étalés.
bb. Glandes salivaires.
c. Panse.
d. Ventricule chylifique.
ee. Vaisseaux hépatiques terminés par une vésicule.
f. Intestin.
g. Rectum.
h. Bout de l'abdomen.

135. Détails de structure extérieure de *Cheligaster putris*.

a. Abdomen avec les pinceaux du mâle.
b. Antenne.
c. Soie de l'antenne.
d. Patte antérieure du mâle.
e. Crochet du tarse.
f. Patte antérieure de la femelle.

136. Appareil génital mâle de *Nemopoda cylindrica*.

aa. Testicules.

Fig.

bb. Vésicules séminales.
c. Vésicule séminale impaire.
d. Canal éjaculateur.
e. Rectum.
ff. Glande odorifique.
g. Armure copulatrice.

137. Pièce sous-abdominale du mâle formant un organe copulateur accessoire.

138. Appareil génital mâle de *Drosophila fasciata*.

aa. Testicules.
bb. Vésicules séminales.
c. Canal éjaculateur.
d. Armure copulatrice.

139. Appareil génital femelle de *Platystoma umbrarum*

aa. Ovaires fécondés.
bb. Réservoirs de la glande sebifique.
c. Rectum.
d. Oviscapte.
A. Gaine ovigère et œuf.

140. Le même organe non fécondé et étalé, pour mettre en evidence les connexions de ses parties

aa. Ovaires.
bb. Orbicelles.
cc. Réservoirs séminaux.
d. Oviducte.
A. Un orbicelle isolé.

141. Appareil génital femelle d'*Ulidia demandata*.

aa. Ovaires fécondés.
bb. Calices postérieurs.
cc. Orbicelles.
dd. Réservoirs séminaux.
e. Oviducte.

Fig.

f. Oviscapte.
A. Gaine ovigère isolée.

142. Glande sébifique isolée et vue par-dessous pour montrer ses connexions.

aa. Orbicelles réunis en un seul tronc.
bb. Réservoirs séminaux.
c. Oviducte.
d. Cols des ovaires.

143. Appareil génital femelle de *Sepedon sphegeus*.

aa. Ovaires.
bb. Calices postérieurs.
c. Oviducte.
dd. Glande sébifique.

Fig.

e. Derniers segments de l'abdomen.
A. Gaine ovigère isolée.
B. Portion de la glande sébifique isolée.

144. Appareil génital femelle de *Chelgaster putris*.

aa. Ovaires fécondés.
b. Ligaments suspenseurs en faisceaux.
c. Oviducte.
d. Glande sébifique.
e. Réservoir ovigère.
f. Oviscapte.
A. Gaîne ovigère isolée.
B. Ovaire vierge.
C. Oviscapte isolé.

Fig. 1

Fig. 2

Fig. 8

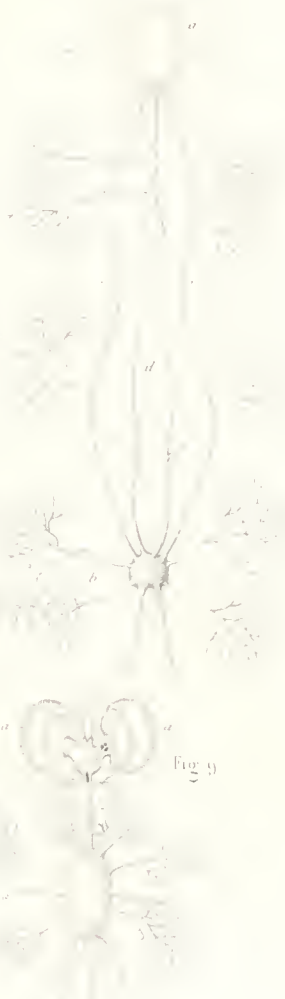


Fig. 7

Fig. 6

Fig. 9

Fig. 5

Fig. 4

Fig. 10

Fig. 3

Fig. 11

Leon Dufour del

Fig. 12

Fig. 15

Fig. 16

Fig. 17

Fig. 13

Fig. 14

Fig. 21

Fig. 18

Fig. 22

Fig. 19

Fig. 20

Fig. 23
Fig. 24
Fig. 25
Fig. 26
Fig. 27
Fig. 28
Fig. 29
Fig. 30
Fig. 31
Fig. 32
Fig. 33
Fig. 34
Fig. 35
Léon Dufour del.

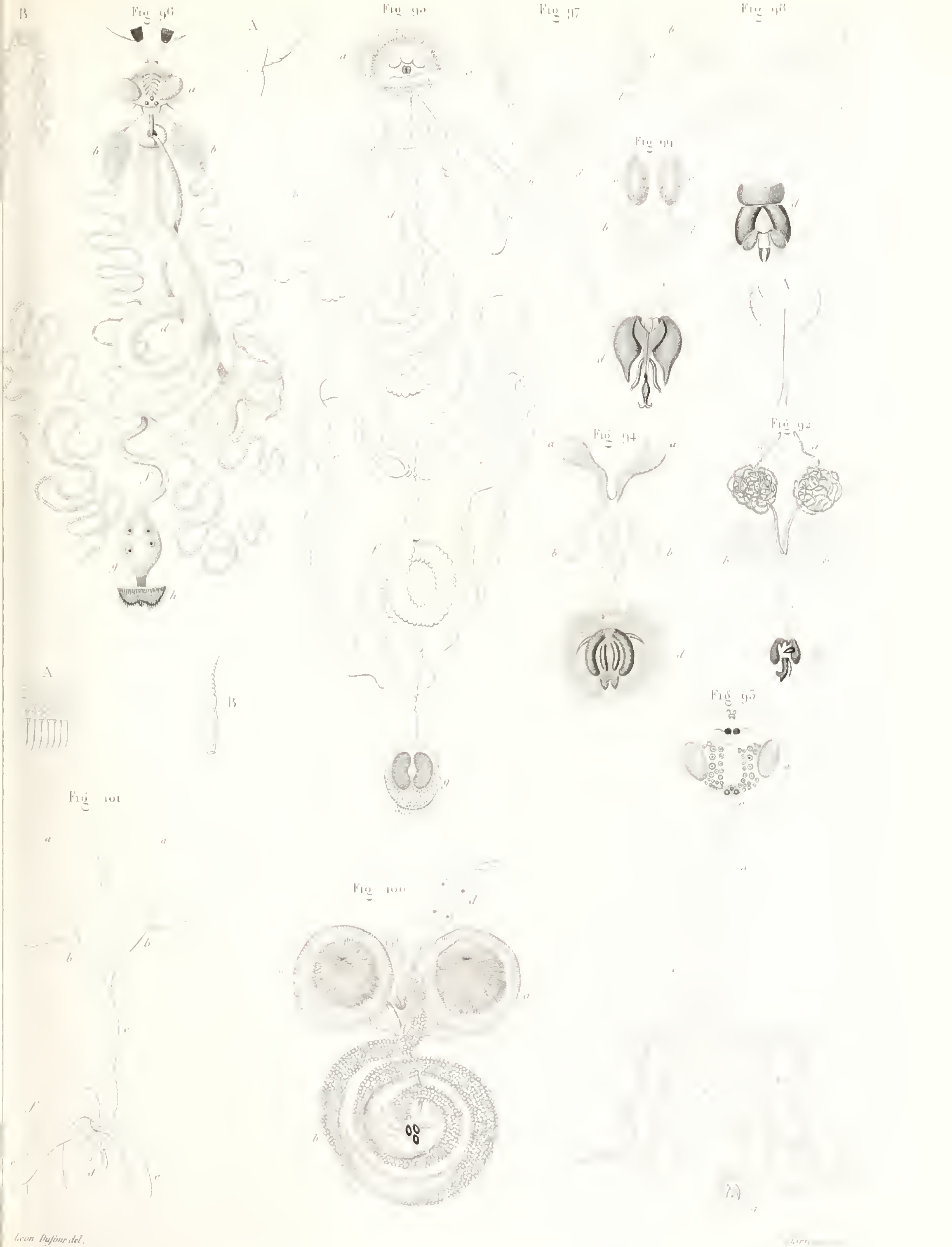
ANATOMIE DES DIPTÈRES, &c. Par Mr Léon Dufour

Fig 47
Fig 48
Fig 49
Fig 50
Fig 51
Fig 52
Fig 53
Fig 54
Fig 55
Fig 56
Fig 57
Fig 58
Fig 59
Fig 60
Fig 61
A
B
C

Fig. 62
Fig. 63
Fig. 64
Fig. 65
Fig. 66
Fig. 67
Fig. 68
Fig. 69
Fig. 70
Fig. 71
Fig. 72
Fig. 73
Fig. 74
Fig. 75
Fig. 76

Léon Dufour del

ANATOMIE DES DIPTÈRES 8A Par Mr Léon Dufour

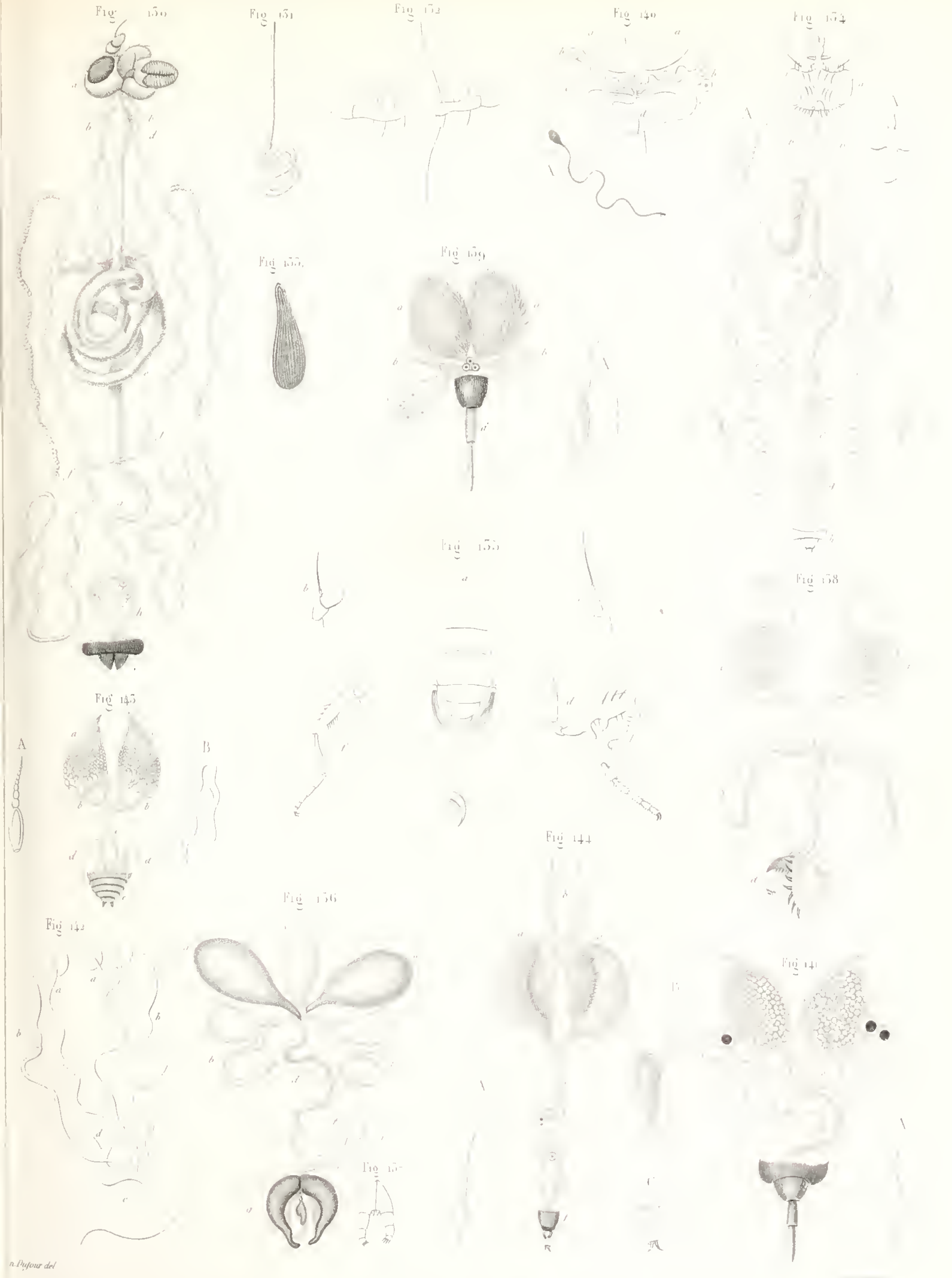


Léon Dufour del.

ANATOMIE DES DIPTÈRES. 2.^e Par M.^r Léon Dufour.

Fig. 108
Fig. 109
Fig. 112
Fig. 110
Fig. 118
Fig. 103
Fig. 111
Fig. 113
Fig. 107
Fig. 114
Fig. 106
Fig. 116
Fig. 117
Fig. 105
Fig. 104
Fig. 102
Leon Dufour del

ANATOMIE DES DIPTÈRES, 8.A (Par M.r Leon Dufour)



L. Dufour del.

ANATOMIE DES DIPTÈRES &c. Par Mr Léon Dufour

MÉMOIRE

SUR

LES FONCTIONS DE DEUX VARIABLES

ET A QUATRE PÉRIODES,

QUI SONT LES INVERSES

DES INTÉGRALES ULTRA-ELLIPTIQUES DE LA PREMIÈRE CLASSE;

PAR M. GEORGE ROSENHAIN,

PROFESSEUR À BRESLAU.

Ce mémoire a obtenu le grand prix de mathématiques décerné par l'Académie des sciences, à la suite du concours ouvert pour 1846. Il a été reçu au secrétariat le 30 septembre 1846.

Das Wenige verschwindet leicht dem Blick
Der Vorwaerts sieht, wie viel noch übrig bleibt.
(*Iphigénie* de Gœthe.)

Quand il s'agit de prouver que, de deux fonctions, l'une est l'inverse de l'autre, il y aura toujours deux méthodes différentes de procéder, puisque l'on pourra partir ou de l'une ou de l'autre de ces fonctions. Cependant, ces deux méthodes pourront être tout à fait indépendantes l'une de l'autre; car, ayant trouvé l'inverse d'une fonction donnée, pour résoudre le problème inverse, ce ne sera pas toujours suivre le chemin le plus direct et le moins compliqué que de retourner sur ses pas, surtout quand la fonction sera donnée en forme d'intégrale ou de série infinie. L'exemple le plus curieux d'un tel dualisme de méthodes est offert par l'histoire de la théorie des fonctions elliptiques. Les géomètres

célèbres, MM. Abel et Jacobi, qui conçurent les premiers l'idée de considérer la limite d'une intégrale elliptique comme fonction de cette intégrale même, et qui, conduits par cette idée aussi ingénieuse que féconde, ont créé une théorie nouvelle des fonctions elliptiques[1], partirent d'abord de l'intégrale $u = \int_0^x \frac{dx}{\sqrt{1-x^2.1-k^2x^2}}$, et de là parvinrent, comme l'on sait, le premier, à l'aide du théorème de multiplication; l'autre, au moyen de son théorème de transformation, à la fonction inverse $x = \frac{B}{A} = \sin \operatorname{am} u$, B et A étant des fonctions de u, qui ont une valeur finie, réelle ou imaginaire, suivant l'argument u. Les fonctions A et B avaient déjà été traitées sous forme de séries infinies par M. Fourier dans sa Théorie de la chaleur, et il aurait été possible que quelque géomètre habile, ayant remarqué la double périodicité de la fraction $\frac{B}{A}$, l'eût prise pour sujet de ses travaux, et alors sans doute il eût trouvé sa liaison avec l'intégrale elliptique. Depuis, M. Jacobi a suivi ce chemin dans ses leçons universitaires de Königsberg. Il y parlait des fonctions A et B, et savait déduire, d'une manière très-simple, de l'équation $A - Bx = 0$, cette autre, $\frac{dx}{du} = \sqrt{1-x^2.1-k^2x^2}$; et cette méthode nouvelle ne dépend en aucune manière de l'ancienne, bien que dans l'histoire de la science elle ait été précédée de celle-ci.

Pour la théorie des intégrales ultra-elliptiques[2], et à peu près aussi pour la théorie des intégrales abéliennes en général, l'état

[1] En suivant l'exemple de M. Jacobi, je distingue les intégrales des trois espèces d'avec les fonctions elliptiques sin am u, cos am u, Δ am u, et à cause de leur périodicité, je donne aux dernières le nom de *fonctions par préférence* : je fais la même distinction sur les fonctions et les intégrales abéliennes.

[2] Comme le vaste théorème de M. Abel comprend toutes les intégrales des fonctions algébriques d'une variable, et que, d'après les remarques de M. Jacobi, il peut même être étendu sur les intégrales multiples de fonctions algébriques de la forme la plus générale et d'un nombre quelconque des variables, je crois plus convenable de maintenir le nom des intégrales ultra-elliptiques proposé par M. Legendre, pour les intégrales des fonctions algébriques de x, qui ne dépendent de cette variable que par une équation du second degré, et de garder le nom d'intégrales abéliennes pour les intégrales de fonctions algébriques quelconques.

des choses est à présent presque le même qu'il fut pour les intégrales elliptiques, lorsque MM. Abel et Jacobi firent leurs découvertes célèbres. Pour la première classe des intégrales ultra-elliptiques, auxquelles je me bornerai ici, le problème d'inversion, d'après les propositions faites par M. Jacobi, doit être énoncé de la manière suivante :

« Soit X une fonction rationnelle et entière de x du sixième « ou du cinquième degré, et nommons Y la même fonction de y; « soit, de plus,

$$(1) \qquad \int \frac{dx}{\sqrt{X}} = \Pi(x) \qquad \int \frac{x\,dx}{\sqrt{X}} = \Pi_1(x)$$

$$(2) \quad \text{« et} \qquad \Pi(x) + \Pi(y) = u \qquad \Pi_1(x) + \Pi_1(y) = u_1,$$

« on demande de trouver en fonctions de u et u_1 les trois coeffi- « cients L, M, N, de l'équation quadratique

$$(3) \qquad L + Mt + Nt^2 = 0,$$

« dont x et y soient les deux racines. »

Il va sans dire que pour résoudre *directement* la question posée de cette manière, on devra partir des équations (2), lesquelles donnent les arguments u et u_1 en fonctions des limites x et y des intégrales $\Pi(x)$, $\Pi_1(x)$, $\Pi(y)$, $\Pi_1(y)$.

Ce chemin serait analogue à celui qui a conduit MM. Jacobi et Abel à leurs découvertes sur les fonctions elliptiques; mais il est extrêmement difficile d'employer ici des méthodes semblables à celles que ces géomètres y ont suivies, parce que, dans le cas plus général dont nous parlons, au lieu d'une équation à une variable, il y a toujours à considérer deux équations simultanées entre deux variables, dont les coefficients ne sont plus des fonctions aussi simples des racines, que les coefficients d'une équation à une variable le sont des racines de celle-ci. Ce n'est que dans un cas spécial, mais très-curieux, que j'ai pu résoudre ce problème directement. Ce cas est celui où deux quelconques des facteurs

du polynôme X sont égaux entre eux : alors les intégrales $\Pi(x)$, $\Pi_1(x)$, se réduisent à des intégrales elliptiques de la troisième espèce, et les trois quantités L, M, N, s'expriment à l'aide des formules connues des fonctions elliptiques, sans difficulté, en u et u_1, dont x et y deviennent des fonctions triplement périodiques.

J'ai donc préféré aborder la question du côté opposé, c'est-à-dire de passer de l'équation quadratique (3) aux équations (2). Pour que cela fût possible, il fallait savoir deviner la forme des coefficients L, M, N, de l'équation (3), et j'y ai réussi, en généralisant la série dont découlent les numérateurs et le dénominateur commun des trois fonctions elliptiques $\sin\operatorname{am} u$, $\cos\operatorname{am} u$, $\Delta\operatorname{am} u$, et en me laissant guider par la forme des fonctions triplement périodiques que j'avais déjà trouvées. Cette série est de la forme

$$\Sigma e^{am^2+bm+c} = e^c \Sigma e^{am^2+bm}, \tag{4}$$

e étant la base du système des logarithmes népériens, a, b, c, des quantités quelconques, et Σ signe de sommation, la somme devant être étendue sur toutes les valeurs entières de m. On obtient, en effet, de la série (4), en signes des *Fundamenta nova* de M. Jacobi, les expressions dont les quotients sont égaux aux fonctions $\sqrt{k}\,\sin\operatorname{am}(u,k)$, $\sqrt{\frac{1}{k'}}\cos\operatorname{am}(u,k)$, $\frac{1}{\sqrt{k'}}\Delta\operatorname{am}(u,k)$, si l'on met $-\frac{\pi K'}{K} = \log q$ à la place de α et $\alpha u + \beta$ à la place de b, et si l'on détermine convenablement les constantes α, β, c.

Car en posant $c = 0$, $\alpha = \frac{i\pi}{K}$, $\beta = i\pi$, cette série prend la forme de dénominateur commun :

$$\theta(u) = \Sigma(-1)^m q^{m^2} e^{m\frac{i\pi u}{K}} = 1 - 2q\cos\frac{\pi u}{K} + 2q^4\cos\frac{2\pi u}{K} - \text{etc.}$$

De même, pour en obtenir le numérateur de $\frac{1}{\sqrt{k'}}\Delta\operatorname{am}(u,k)$,

$$\theta(u+K) = \Sigma q^{m^2} e^{2m\frac{i\pi u}{2K}} = 1 + 2q\cos\frac{\pi u}{K} + 2q^4\cos\frac{2\pi u}{K} + \text{etc.}$$

on doit faire $c = 0$, $\alpha = \frac{i\pi}{K}$, $\beta = 0$. Puis, si l'on met

$$c = \frac{1}{4}\log q + \frac{i\pi u}{2K} - \frac{i\pi}{2}, \quad -\alpha = \frac{i\pi}{K}, \quad \beta = \log q + i\pi,$$

ladite série devient le numérateur de $\sqrt{k}\,\mathrm{sin\,am}(u, k)$:

$$H(u) = -i\Sigma(-1)^m q^{\frac{(2m+1)^2}{4}} e^{\frac{(2m+1)}{2}\frac{i\pi u}{K}}$$

$$= 2q^{\frac{1}{4}}\sin\frac{\pi u}{2K} - 2q^{\frac{9}{4}}\sin\frac{3\pi u}{2K} + \text{etc.}$$

Enfin, en faisant

$$c = \frac{1}{4}\log q + \frac{i\pi u}{2K}, \quad \alpha = \frac{i\pi}{K}, \quad \beta = \log q,$$

il en résulte le numérateur de $\sqrt{\frac{k}{k'}}\cos\mathrm{am}(u, k)$,

$$H(u+K) = \Sigma q^{\frac{(2m+1)^2}{4}} e^{\frac{(2m+1)}{2}\frac{i\pi u}{K}} = 2q^{\frac{1}{4}}\cos\frac{\pi u}{2K} + 2q^{\frac{9}{4}}\cos\frac{3\pi u}{2K} + \text{etc.}$$

Dans ces formules, on lit sans peine la loi suivant laquelle, à l'aide d'un module q, elles se composent du numérateur et du dénominateur de la fonction simplement périodique $\frac{e^u - e^{-u}}{e + e^{-u}}$, et c'est suivant la même loi que, des numérateurs et du dénominateur commun des fonctions triplement périodiques, je me suis formé de nouvelles séries pour les mettre à la place des numérateurs et du dénominateur des fonctions à quatre périodes, ou bien pour les coefficients L, M, N, de l'équation quadratique (3).

Les nouvelles séries trouvées de cette manière sont, comme l'on verra, toutes de la même forme :

$$(5) \quad \Sigma_m \Sigma_n e^{\alpha m^2 + \beta mn + \gamma n^2 + \delta m + \varepsilon n + \zeta} = e^{\zeta} \Sigma_m \Sigma_n e^{\alpha m^2 + \beta mn + \gamma n^2 + \delta m + \varepsilon n},$$

où la double sommation doit être étendue sur toutes les valeurs entières de m et de n, et elles ne diffèrent l'une de l'autre que par les valeurs des trois quantités δ, ε, ζ, qui représentent des expressions linéaires des arguments u et u_1, tandis que les constantes α, β, γ, tiennent le lieu des trois modules; de plus, le quotient de deux quelconques d'entre elles se trouve être une fonction de u et u_1 à quatre périodes.

D'une autre manière encore on peut, par amplification de définition, passer de la formule (4) à la formule (5) : c'est en définissant la série (4) comme une somme de grandeurs exponentielles, dont chaque terme a pour exposant la même fonction de son indice entier m du second degré et de la forme la plus générale $am^2 + bm + c$, et en étendant cette définition sur une somme de grandeurs exponentielles à double entrée.

Conduit par le théorème abélien sur l'addition des intégrales et par les propriétés des fonctions triplement périodiques, je mis trois séries de la forme (5) à la place de N, $L + a_1 M + a_1^2 N$, $L + a_2 M + a_2^2 N$, a_1 et a_2, désignant deux valeurs quelconques de x, qui rendent le polynôme X égal à zéro, et l'équation quadratique (3) étant ainsi déterminée, j'ai eu à résoudre le problème suivant :

« Étant donnée l'équation quadratique

$$0 = L + Mt + Nt^2 = N(t - x)(t - y),$$

« dont les coefficients L, M, N, sont des fonctions de deux arguments u et u_1, qui ont une valeur unique et finie, pour toutes les valeurs finies, réelles ou imaginaires de ces arguments, et dont les deux racines x et y sont des fonctions périodiques de u et u_1 à quatre paires d'indices de périodes conjugués, on demande d'exprimer les quotients différentiels partiels $\frac{du}{dx}$, $\frac{du}{dy}$, $\frac{du_1}{dx}$, $\frac{du_1}{dy}$, en x et y seuls.

La décomposition en facteurs simples exceptée, les séries (5)

se soumettent sans difficulté à toutes les méthodes semblables à celles que l'on a appliquées aux transcendantes de la forme (4) dans la théorie des fonctions elliptiques. J'ai donc pu suivre une méthode analogue à celle que M. Jacobi avait employée dans ses leçons, pour parvenir des transcendantes (4) aux intégrales elliptiques, et j'ai trouvé de cette manière, comme solution de la question proposée, les expressions de $\frac{du}{dx}$, $\frac{du}{dy}$, $\frac{du_1}{dx}$, $\frac{du_1}{dy}$, précisément telles qu'elles résultent de la différentiation des équations (2),

$$u = \Pi(x) + \Pi(y), \qquad u_1 = \Pi_1(x) + \Pi_1(y).$$

CHAPITRE PREMIER.

DES FONCTIONS TRIPLEMENT PÉRIODIQUES.

1.

Les expressions fractionnaires des fonctions triplement périodiques, qui sont les inverses des intégrales elliptiques de la troisième espèce, découlent, sans le moindre calcul, des équations dont M. Jacobi s'est servi dans ses leçons pour passer des séries H et θ aux intégrales elliptiques de la première espèce. Il sera donc convenable de donner ici, en peu de mots, l'exposition de ces équations, et cela d'autant plus que leur connaissance facilite aussi beaucoup la résolution du problème analogue proposé sur les intégrales ultra-elliptiques de la première classe.

Pour abréger les formules, je ferai usage des signes que M. Jacobi a employés dans ces leçons, et je mettrai :

$$
\left\{
\begin{aligned}
\Theta(v,q) &= \sum_{n=-\infty}^{n=+\infty} (-1)^n q^{n^2} e^{2nv} = 1 - q(e^{2v}+e^{-2v}) + q^4(e^{4v}+e^{-4v}) \\
&\qquad - q^9(e^{6v}+e^{-6v}) + \text{etc.} \\
\Theta_1(v,q) &= \sum_{n=-\infty}^{n=+\infty} (-1)^n q^{\frac{(2n+1)^2}{4}} e^{(2n+1)v} = q^{\frac{1}{4}}(e^{v}-e^{-v}) - q^{\frac{9}{4}}(e^{3v}-e^{-3v}) \\
&\qquad + q^{\frac{25}{4}}(e^{5v}-e^{-5v}) + \text{etc.} \\
\Theta_2(v,q) &= \sum_{n=-\infty}^{n=+\infty} q^{\frac{(2n+1)^2}{4}} e^{(2n+1)v} = q^{\frac{1}{4}}(e^{v}+e^{-v}) + q^{\frac{9}{4}}(e^{3v}+e^{-3v}) \\
&\qquad + q^{\frac{25}{4}}(e^{5v}+e^{-5v}) + \text{etc.} \\
\Theta_3(v,q) &= \sum_{n=-\infty}^{n=+\infty} q^{n^2} e^{2nv} = 1 + q(e^{2v}+e^{-2v}) + q^4(e^{4v}+e^{-4v}) \\
&\qquad + q^9(e^{6v}+e^{-6v}) + \text{etc.}
\end{aligned}
\right. \quad (6)
$$

On a donc, d'après ces formules,

$$\Theta(v,q) = \theta\left(\frac{2\mathrm{K}v}{i\pi}, k\right), \quad \text{ou} \quad \Theta\left(\frac{i\pi u}{2\mathrm{K}}, q\right) = \theta(u,k),$$

$$\Theta_1(v,q) = i\mathrm{H}\left(\frac{2\mathrm{K}v}{i\pi}, k\right), \quad \text{ou} \quad \Theta_1\left(\frac{i\pi u}{2\mathrm{K}}, q\right) = i\mathrm{H}(u,k),$$

où $i = \sqrt{-1}$. Quand il sera convenable, j'emploierai aussi des signes des *Fundamenta nova;* mais pour rendre la désignation plus uniforme, j'écrirai $\theta_1(u,k)$ pour $\mathrm{H}(u,k)$, et je mettrai

$$\mathrm{H}(u+\mathrm{K},k) = \theta_1(u+\mathrm{K},k) = \theta_2(u,k),$$
$$\theta(u+\mathrm{K},k) = \theta_3(u,k);$$

de sorte qu'on a

$$(7)\quad \begin{cases} \Theta(v,q) = \theta\left(\frac{2\mathrm{K}v}{i\pi}, k\right), & \theta(u,k) = \Theta\left(\frac{i\pi u}{2\mathrm{K}}, q\right), \\ \Theta_1(v,q) = i\theta_1\left(\frac{2\mathrm{K}v}{i\pi}, k\right), & i\theta_1(u,k) = \Theta_1\left(\frac{i\pi u}{2\mathrm{K}}, q\right), \\ \Theta_2(v,q) = \theta_2\left(\frac{2\mathrm{K}v}{i\pi}, k\right), & \theta_2(u,k) = \Theta_2\left(\frac{i\pi u}{2\mathrm{K}}, q\right), \\ \Theta_3(v,q) = \theta_3\left(\frac{2\mathrm{K}v}{i\pi}, k\right), & \theta_3(u,k) = \Theta_3\left(\frac{i\pi u}{2\mathrm{K}}, q\right), \end{cases}$$

$$(8)\quad \begin{cases} \frac{\theta_1(u,k)}{\theta(u,k)} = \sqrt{k}\,.\,\sin\mathrm{am}(u,k), \\ \frac{\theta_2(u,k)}{\theta(u,k)} = \sqrt{\frac{k}{k'}}\cos\mathrm{am}(u,k), \\ \frac{\theta_3(u,k)}{\theta(u,k)} = \frac{1}{\sqrt{k'}}\Delta\,\mathrm{am}(u,k). \end{cases}$$

Je n'ajouterai les modules q et k que dans les formules où il y aura des fonctions Θ ou θ aux modules divers.

2.

Soit m un nombre entier quelconque positif ou négatif; on a

$$(9)\quad \begin{cases} \Theta(v+im\pi) = \Theta(v), & \Theta_2(v+im\pi) = (-1)^m\,\Theta_2(v), \\ \Theta_3(v+im\pi) = \Theta_3(v), & \Theta_1(v+im\pi) = (-1)^m\,\Theta_1(v), \\ \Theta\left(v+\frac{2m+1}{2}i\pi\right) = \Theta_3(v), & \Theta_2\left(v+\frac{2m+1}{2}i\pi\right) = (-1)^{\frac{2m+1}{2}}\,\Theta_1(v), \\ \Theta_3\left(v+\frac{2m+1}{2}i\pi\right) = \Theta(v), & \Theta_1\left(v+\frac{2m+1}{2}i\pi\right) = (-1)^{\frac{2m+1}{2}}\,\Theta_3(v). \end{cases}$$

Les fonctions $\Theta(v)$, $\Theta_3(v)$, $\Theta_1(v)$, $\Theta_2(v)$, sont donc simplement périodiques, l'indice de la période étant $i\pi$ pour $\Theta(v)$,

$\Theta_3(v)$, et $2i\pi$ pour $\Theta_1(v)$, $\Theta_2(v)$. Le même a lieu pour les fonctions :

$$(10)\quad \begin{cases} e^{\frac{v^2}{\log q}}\,\Theta(v)=\sum_{n=-\infty}^{n=+\infty}(-1)^n\,e^{\frac{(v+n\log q)^2}{\log q}}, \\ e^{\frac{v^2}{\log q}}\,\Theta_1(v)=\sum_{n=-\infty}^{n=+\infty}(-1)^n\,e^{\frac{(v+\frac{2n+1}{2}\log q)^2}{\log q}}, \\ e^{\frac{v^2}{\log q}}\,\Theta_3(v)=\sum_{n=-\infty}^{n=+\infty}e^{\frac{(v+n\log q)^2}{\log q}}, \\ e^{\frac{v^2}{\log q}}\,\Theta_2(v)=\sum_{n=-\infty}^{n=+\infty}e^{\frac{(v+\frac{2n+1}{2}\log q)^2}{\log q}}, \end{cases}$$

mais l'indice de la période est $\log q$ pour $e^{\frac{v^2}{\log q}}\Theta_3(v)$, $e^{\frac{v^2}{\log q}}\Theta(v)$, et $2\log q$ pour $e^{\frac{v^2}{\log q}}\Theta(v)$, $e^{\frac{v^2}{\log q}}\Theta_1(v)$; car il est :

$$(11)\quad \begin{cases} e^{\frac{(v+m\log q)^2}{\log q}}\,\Theta_3(v+m\log q)=e^{\frac{v^2}{\log q}}\,\Theta_3(v), \\ e^{\frac{(v+m\log q)^2}{\log q}}\,\Theta_2(v+m\log q)=e^{\frac{v^2}{\log q}}\,\Theta_2(v), \\ e^{\frac{(v+m\log q)^2}{\log q}}\,\Theta(v+m\log q)=(-1)^m\,e^{\frac{v^2}{\log q}}\,\Theta(v), \\ e^{\frac{(v+m\log q)^2}{\log q}}\,\Theta_1(v+m\log q)=(-1)^m\,e^{\frac{v^2}{\log q}}\,\Theta_1(v). \end{cases}$$

On a, de plus,

$$(12)\quad\begin{cases} e^{\frac{(v+\frac{2m+1}{2}\log q)^2}{\log q}}\,\Theta_3\left(v+\frac{2m+1}{2}\log q\right)=e^{\frac{v^2}{\log q}}\,\Theta_2(v), \\ e^{\frac{(v+\frac{2m+1}{2}\log q)^2}{\log q}}\,\Theta_2\left(v+\frac{2m+1}{2}\log q\right)=e^{\frac{v^2}{\log q}}\,\Theta_3(v), \\ e^{\frac{(v+\frac{2m+1}{2}\log q)^2}{\log q}}\,\Theta\left(v+\frac{2m+1}{2}\log q\right)=(-1)^m\,e^{\frac{v^2}{\log q}}\,\Theta_1(v), \\ e^{\frac{(v+\frac{2m+1}{2}\log q)^2}{\log q}}\,\Theta_1\left(v+\frac{2m+1}{2}\log q\right)=(-1)^{m+1}\,e^{\frac{v^2}{\log q}}\,\Theta(v). \end{cases}$$

3.

C'est de la forme (10) des fonctions $\Theta_r(v)$ que M. Jacobi déduit les formules curieuses dont il s'agit, au moyen du théorème algébrique très-simple[1], que les équations

$$(13)\quad\begin{cases} 2v_1' = v+v'+v''+v''', \\ 2v_1'' = v+v'-v''-v''', \\ 2v_1''' = v-v'+v''-v''', \\ 2v_1'''' = v-v'-v''+v''', \end{cases}$$

donnent

$$(14)\qquad v^2+v'^2+v''^2+v'''^2 = v_1^2+v_1'^2+v_1''^2+v_1'''^2.$$

En multipliant quatre fonctions Θ_3, qui ont les quatre arguments v, v', v'', v''', on obtient

$$\Theta_3(v)\,\Theta_3(v')\,\Theta_3(v'')\,\Theta_3(v''') = e^{-\frac{v^2+v'^2+v''^2+v'''^2}{\log q}}\,\Sigma e^{\frac{P}{\log q}},$$

[1] Dans une lettre adressée à M. Hermite (le 6 août 1845) et publiée, il y a peu de temps, dans le journal de M. Crelle, M. Jacobi a fait mention de sa méthode.

où

$$P = (v + n\log q)^2 + (v' + n'\log q)^2 + (v'' + n''\log q)^2 + (v''' + n'''\log q)^2,$$

et où la sommation doit être étendue sur toutes les valeurs positives et négatives des quatre nombres entiers n, n', n'', n'''.

Que l'on transforme maintenant l'expression P par les formules (13), on aura

$$P = (v_1 + n_1\log q)^2 + (v_1' + n_1'\log q)^2 + (v_1'' + n_1''\log q)^2 + (v_1''' + n_1'''\log q)^2,$$

où

$$\begin{aligned} 2n_1 &= n + n' + n'' + n''', \\ 2n_1' &= n + n' - n'' - n''', \\ 2n_1'' &= n - n' + n'' - n''', \\ 2n_1''' &= n - n' - n'' + n''', \end{aligned}$$

et où les variables v_1, v_1', v_1'', v_1''' et v, v', v'', v''' dépendent les unes des autres par les formules (13) et (14). On voit donc que le produit $\Theta_3(v)\Theta_3(v')\Theta_3(v'')\Theta_3(v''')$ ne change pas de forme, si l'on met les quantités n_1, n_1', n_1'', n_1''', v_1, v_1', v_1'', v_1''' aux places de n, n', n'', n''', v, v', v'', v'''. Mais ce n'est que la forme extérieure de ce produit qui ne souffre point de changement par cette substitution; car les nombres entiers $2n$, $2n'$, $2n''$, $2n'''$ sont tous les quatre pairs, tandis que les nombres $2n_1$, $2n_1'$, $2n_1''$, $2n_1'''$ seront tous les quatre à la fois ou pairs ou impairs, selon que la somme $n + n' + n'' + n'''$ le sera; et on ne pourra pas mettre dans la somme $\Sigma e^{\frac{P}{\log q}}$ transformée, pour $2n_1$, $2n_1'$, $2n_1''$, $2n_1'''$ ni quatre nombres pairs ni quatre nombres impairs quelconques, mais seulement ceux qui rendent pairs les quatre nombres

$$\begin{aligned} 2n &= n_1 + n_1' + n_1'' + n_1''', \\ 2n' &= n_1 + n_1' - n_1'' - n_1''', \\ 2n'' &= n_1 - n_1' + n_1'' - n_1''', \\ 2n''' &= n_1 - n_1' - n_1'' + n_1'''. \end{aligned}$$

Pour remédier à cet inconvénient, M. Jacobi soumet les nombres $2n$, $2n'$, $2n''$, $2n'''$ à la même condition à laquelle sont assujettis les nombres $2n_1$, $2n_1'$, $2n_1''$, $2n_1'''$, savoir, d'être tous les quatre à la fois ou pairs ou impairs. Si l'on étend de cette manière le sens des signes n, n', n'', n''', on aura la valeur de l'expression

$$e^{-\frac{v^2+v'^2+v''^2+v'''^2}{\log q}}\,\Sigma e^{\frac{P}{\log q}}$$

par la substitution de v_1, v_1', v_1'', v_1''', n_1, n_1', n_1'', n_1''' aux places de v, v', v'', v''', n, n', n'', n'''; car si l'on met pour $2n$, $2n'$, $2n''$, $2n'''$ tous les systèmes possibles de quatre nombres pairs, et aussi tous ceux de quatre nombres impairs, on obtient pour $2n_1$, $2n_1'$, $2n_1''$, $2n_1'''$ les mêmes systèmes de valeurs, seulement dans un ordre différent. La définition des signes n, n', n'', n''' étant ainsi étendue, le second membre de l'équation (15) savoir :

$$e^{-\frac{v^2+v'^2+v''^2+v'''^2}{\log q}}\,\Sigma e^{\frac{P}{\log q}}$$

n'est pas égal à $\Theta_3(v)\,\Theta_3(v')\,\Theta_3(v'')\,\Theta_3(v''')$, mais à

$$\Theta_3(v)\,\Theta_3(v')\,\Theta_3(v'')\,\Theta_3(v''') + \Theta_2(v)\,\Theta_2(v')\,\Theta_2(v'')\,\Theta_2(v'''),$$

le terme $\Theta_2(v)\,\Theta_2(v')\,\Theta_2(v'')\,\Theta_2(v''')$ répondant à la partie de $\Sigma e^{\frac{P}{\log q}}$, dans laquelle $2n$, $2n'$, $2n''$, $2n'''$ sont des nombres impairs.

On a donc le théorème suivant :

« Les arguments v, v', v'', v''' et v_1, v_1', v_1'', v_1''' étant liés les uns « aux autres par les équations

$$(16)\quad \begin{cases} 2v_1 = v+v'+v''+v''', & 2v = v_1+v_1'+v_1''+v_1''', \\ 2v_1' = v+v'-v''-v''', & 2v' = v_1+v_1'-v_1''-v_1''', \\ 2v_1'' = v-v'+v''-v''', & 2v'' = v_1-v_1'+v_1''-v_1''', \\ 2v_1''' = v-v'-v''+v''', & 2v''' = v_1-v_1'-v_1''+v_1''', \end{cases}$$

« on a

$$(17)\quad \begin{cases} \Theta_3(v)\Theta_3(v')\Theta_3(v'')\Theta_3(v''') + \Theta_2(v)\Theta_2(v')\Theta_2(v'')\Theta_2(v''') \\ = \Theta_3(v_1)\Theta_3(v_1')\Theta_3(v_1'')\Theta_3(v_1''') + \Theta_2(v_1)\Theta_2(v_1')\Theta_2(v_1'')\Theta_2(v_1'''). \end{cases}$$

Voilà la formule fondamentale dont, au moyen des formules (9), (11), (12), on tire une foule d'autres, si l'on ajoute à quelques-uns des arguments v, v', v'', v''' des moitiés de $i\pi$ et de $\log q$.

En mettant $v+\frac{i\pi}{2}$, $v'+\frac{i\pi}{2}$, $v''+\frac{i\pi}{2}$, $v'''-\frac{i\pi}{2}$ pour v, v', v'', v''' l'équation (17) devient

$$(18)\quad \begin{cases} \Theta(v)\Theta(v')\Theta(v'')\Theta(v''') - \Theta_1(v)\Theta_1(v')\Theta_1(v'')\Theta_1(v''') \\ = \Theta(v_1)\Theta(v_1')\Theta(v_1'')\Theta(v_1''') - \Theta_1(v_1)\Theta_1(v_1')\Theta_1(v_1'')\Theta_1(v_1'''), \end{cases}$$

et si l'on substitue dans (17) et (18) $v'''+i\pi$ à la place de v''' on obtient de ces équations les deux suivantes :

$$(19)\quad \begin{cases} \Theta_3(v)\Theta_3(v')\Theta_3(v'')\Theta_3(v''') - \Theta_2(v)\Theta_2(v')\Theta_2(v'')\Theta_2(v''') \\ = \Theta(v_1)\Theta(v_1')\Theta(v_1'')\Theta(v_1''') + \Theta_1(v_1)\Theta_1(v_1')\Theta_1(v_1'')\Theta_1(v_1'''), \end{cases}$$

$$(20)\quad \begin{cases} \Theta(v)\Theta(v')\Theta(v'')\Theta(v''') + \Theta_1(v)\Theta_1(v')\Theta_1(v'')\Theta_1(v''') \\ = \Theta_3(v_1)\Theta_3(v_1')\Theta_3(v_1'')\Theta_3(v_1''') - \Theta_2(v_1)\Theta_2(v_1')\Theta_2(v_1'')\Theta_2(v_1'''), \end{cases}$$

que l'on peut aussi dériver l'une de l'autre en échangeant les arguments v, v', v'', v''' contre v_1, v_1', v_1'', v_1'''.

4.

De ce système de quatre formules que nous venons de trouver, on en déduit trois autres, en augmentant v et v' successivement de $\frac{i\pi}{2}$, de $\frac{1}{2}\log q$, et de $\frac{i\pi+\log q}{2}$; et un quatrième en mettant dans les quatre formules d'un quelconque de ces derniers $v'+\frac{1}{2}\log q$ et $v''+\frac{1}{2}\log q$ pour v' et v''. On a de cette manière cinq systèmes

de quatre formules, lesquelles étant de la forme des équations (13) ou bien de la forme des sommes et des différences de ces équations prises deux à deux, on peut comprendre dans une seule équation de la forme (14). On trouve ainsi cinq sommes de quatre carrés, lesquelles ne changent pas de valeur, si l'on y met pour v, v', v'', v''' les quantités v_1, v_1', v_1'', v_1''' des équations (16), et dont chacune nous tiendra lieu de quatre formules de la forme (13), savoir les sommes suivantes :

$$
(21)\quad \left\{\begin{array}{ll}
1; & \left\{\begin{array}{l} \{\Theta_3(v)\,\Theta_3(v')\,\Theta_3(v'')\,\Theta_3(v''')\}^2 + \{\Theta_2(v)\,\Theta_2(v')\,\Theta_2(v'')\,\Theta_2(v''')\}^2 \\ + \{\Theta_1(v)\,\Theta_1(v')\,\Theta_1(v'')\,\Theta_1(v''')\}^2 + \{\Theta(v)\,\Theta(v')\,\Theta(v'')\,\Theta(v''')\}^2 \end{array}\right. \\
2; & \left\{\begin{array}{l} \{\Theta_3(v)\,\Theta_3(v')\,\Theta(v'')\,\Theta(v''')\}^2 + \{\Theta_2(v)\,\Theta_2(v')\,\Theta_1(v'')\,\Theta_1(v''')\}^2 \\ + \{\Theta_1(v)\,\Theta_1(v')\,\Theta_2(v'')\,\Theta_2(v''')\}^2 + \{\Theta(v)\,\Theta(v')\,\Theta_3(v'')\,\Theta_3(v''')\}^2 \end{array}\right. \\
3; & \left\{\begin{array}{l} \{\Theta_2(v)\,\Theta_2(v')\,\Theta_3(v'')\,\Theta_3(v''')\}^2 + \{\Theta_3(v)\,\Theta_3(v')\,\Theta_2(v'')\,\Theta_2(v''')\}^2 \\ + \{\Theta_1(v)\,\Theta_1(v')\,\Theta(v'')\,\Theta(v''')\}^2 + \{\Theta(v)\,\Theta(v')\,\Theta_1(v'')\,\Theta_1(v''')\}^2 \end{array}\right. \\
4; & \left\{\begin{array}{l} \{\Theta_2(v)\,\Theta_2(v')\,\Theta(v'')\,\Theta(v''')\}^2 + \{\Theta_3(v)\,\Theta_3(v')\,\Theta_1(v'')\,\Theta_1(v''')\}^2 \\ + \{\Theta_1(v)\,\Theta_1(v')\,\Theta_3(v'')\,\Theta_3(v''')\}^2 + \{\Theta(v)\,\Theta(v')\,\Theta_2(v'')\,\Theta_2(v''')\}^2 \end{array}\right. \\
5; & \left\{\begin{array}{l} \{\Theta_1(v)\,\Theta(v')\,\Theta_3(v'')\,\Theta_2(v''')\}^2 + \{\Theta(v)\,\Theta_1(v')\,\Theta_2(v'')\,\Theta_3(v''')\}^2 \\ + \{\Theta_3(v)\,\Theta_2(v')\,\Theta_1(v'')\,\Theta(v''')\}^2 + \{\Theta_2(v)\,\Theta_3(v')\,\Theta(v'')\,\Theta_1(v''')\}^2 \end{array}\right.
\end{array}\right.
$$

J'ai ordonné les quatre termes de manière qu'en maintenant leur ordre on en peut composer lesdites équations de la forme (13) sans ambiguïté de signe; c'est-à-dire que l'on a

$$
(22)\quad \left\{\begin{array}{l}
2\,\mathrm{M}(v_1) = \mathrm{M}(v) + \mathrm{M}'(v) + \mathrm{M}''(v) + \mathrm{M}'''(v), \\
2\,\mathrm{M}'(v_1) = \mathrm{M}(v) + \mathrm{M}'(v) - \mathrm{M}''(v) - \mathrm{M}'''(v), \\
2\,\mathrm{M}''(v_1) = \mathrm{M}(v) - \mathrm{M}'(v) + \mathrm{M}''(v) - \mathrm{M}'''(v), \\
2\,\mathrm{M}'''(v_1) = \mathrm{M}(v) - \mathrm{M}'(v) - \mathrm{M}''(v) + \mathrm{M}'''(v),
\end{array}\right.
$$

si l'on désigne par $\mathrm{M}(v)$, $\mathrm{M}'(v)$, $\mathrm{M}''(v)$, $\mathrm{M}'''(v)$, les quatre termes d'une quelconque des expressions (21) suivant leur ordre, et

par $M(v_1)$, $M'(v_1)$, $M''(v_1)$, $M'''(v_1)$, les mêmes fonctions de v_1, v_1', v_1'', v_1''', que $M(v)$, $M(v')$, $M(v'')$, $M(v''')$ sont de v, v', v'', v'''.

5.

Si l'on considère l'intégrale elliptique de la troisième espèce, comme forme spéciale de l'intégrale ultra-elliptique

$$\int_0^x \frac{(\alpha+\beta x)\,dx}{\sqrt{x(1-x)(1-k^2x)(1-\lambda^2x)(1-\mu^2x)}},$$

qui répond au cas $\lambda=\mu$, le problème de l'inversion, d'après les propositions établies par M. Jacobi, peut être énoncé de la manière suivante :

Étant données les équations

$$(23)\quad \begin{cases} u=\displaystyle\int_0^{x_1} \frac{(\alpha+\beta x)\,dx}{(1-\lambda^2x)\sqrt{x.1-x.1-k^2x}} \pm \int_0^{x_2} \frac{(\alpha+\beta x)\,dx}{(1-\lambda^2x).\sqrt{x.1-x.1-k^2x}}, \\ v=\displaystyle\int_0^{x_1} \frac{(\alpha'+\beta' x)\,dx}{(1-\lambda^2x)\sqrt{x.1-x.1-k^2y}} \pm \int_0^{x_2} \frac{(\alpha'+\beta' x)\,dx}{(1-\lambda^2x)\sqrt{x.1-x.1-k^2x}}, \end{cases}$$

trouver les expressions de x_1 et de x_2 en u et v.

Pour rendre les formules plus simples je fais

$$2\alpha=1,\quad 2\beta=-\lambda^2,\quad \sqrt{x_1}=\operatorname{sin\,am}(u_1,k),\quad \pm\sqrt{x_2}=\operatorname{sin\,am}(u_2,k),$$

d'où la première des équations (23) prend la forme

$$u=u_1+u_2.$$

Pour déterminer d'une manière convenable les constantes α' et β' de l'autre, je me sers de la formule des *Fundamenta nova* :

$$\Pi(u,a)=k^2\operatorname{sin\,am}a\operatorname{cos\,am}a\,\Delta\operatorname{am}a\int_0^u \frac{\operatorname{sin^2\,am}u\,du}{1-k^2\operatorname{sin^2\,am}a.\operatorname{sin^2\,am}u}$$
$$=uZ(a)+\tfrac{1}{2}\log\frac{\theta(a-a)}{\theta(u+a)}$$

où, comme l'on sait, $Z(a) = \frac{d \log \theta(a)}{da}$; et je mets

$$\lambda^2 = k^2 \sin^2 \operatorname{am}(a,k) \quad 2\alpha' = Z(a)$$
$$2\beta' = k^2 \sin^2 \operatorname{am} a . Z(a) + k^2 \sin \operatorname{am} a \cos \operatorname{am} a \, \Delta \operatorname{am} a ;$$

de sorte qu'on a

$$\int_0^{x_1} \frac{\alpha' + \beta' x . dx}{1 - \lambda^2 x . \sqrt{x . 1 - x . 1 - k^2 x}} = \Pi(u_1 . a) - u_1 Z(a) = \frac{1}{2} \log \frac{\theta(u_1 - a)}{\theta(u_1 + a)}.$$

Les coefficients α, β, α' β' étant ainsi déterminés, les équations (23) prennent les formes suivantes

$$(24) \qquad \begin{cases} u = u_1 + u_2, \\ v = \frac{1}{2} \log \frac{\theta(u_1 - a)}{\theta(u_1 + a)} + \frac{1}{2} \log \frac{\theta(u_2 - a)}{\theta(u_2 + a)} ; \end{cases}$$

et la question est d'exprimer

$$\sqrt{x_1} = \sin \operatorname{am} u_1, \quad \sqrt{x_2} \sin \operatorname{am} u_2$$

ou des fonctions symétriques de ces quantités, en fonction des arguments u et v.

6.

Au moyen des équations (21) et (22) on peut représenter

$$e^{2v} = \frac{\theta(u_1 - a)\,\theta(u_2 - a)}{\theta(u_1 + a)\,\theta(u_2 + a)}$$

de trois manières différentes; et la résolution de la question proposée se réduit à celle d'une équation linéaire à une variable. En mettant $v''' = -v - v' - v''$, d'où $v_1 = o$, $v'_1 = v + v'$, $v''_1 = v + v'$.

$v_1'''=-(v'+v'')$, on obtient des deux premières et de la quatrième des formules (21) les trois équations doubles que voici :

$$(25,a)\quad\begin{cases}1;\Theta(0)\Theta(v+v')\Theta(v+v'')\Theta(v'+v'')=\Theta(v)\Theta(v')\Theta(v'')\Theta(v'+v'+v'')+\Theta_1(v)\Theta_1(v')\Theta_1(v'')\Theta_1(\\ \qquad=\Theta_3(v)\Theta_3(v')\Theta_3(v'')\Theta_3(v+v'+v'')-\Theta_2(v)\Theta_2(v')\Theta_2(v'')\Theta_2(v\\ 2;\Theta_1(0)\Theta_1(v+v')\Theta(v+v'')\Theta(v'+v'')=\Theta(v)\Theta(v')\Theta_3(v'')\Theta_3(v+v'+v'')-\Theta_2(v)\Theta_2(v')\Theta_1(v'')\Theta_1(v\\ \qquad=\Theta_3(v)\Theta_3(v')\Theta(v'')\Theta(v+v'+v'')+\Theta_1(v)\Theta_1(v')\Theta_2(v'')\Theta_2(\\ 3;\Theta_2(0)\Theta_2(v+v')\Theta(v+v'')\Theta(v'+v'')=\Theta(v)\Theta(v')\Theta_2(v'')\Theta_2(v+v'+v'')-\Theta_3(v)\Theta_3(v')\Theta_1(v'')\Theta_1(\\ \qquad=\Theta_2(v)\Theta_2(v')\Theta(v'')\Theta(v+v'+v'')+\Theta_1(v)\Theta_1(v')\Theta(v'')\Theta_3(\end{cases}$$

En faisant maintenant

$$v=\frac{i\pi u_1}{2K}\qquad v'=\frac{i\pi u_2}{2K}\qquad v''=\frac{i\pi a}{2K},$$

on peut écrire ces équations de la manière suivante :

$$(25,b)\quad\begin{cases}1;\ \theta(0)\theta(u)\theta(u_1+a)\theta(u_2+a)=\theta(u_1)\theta(u_2)\theta(a)\theta(u+a)+\theta_1(u_1)\theta_1(u_2)\theta_1(a)\theta_1(u-\\ \qquad=\theta_3(u_1)\theta_3(u_2)\theta_3(a)\theta_3(u+a)-\theta_2(u_1)\theta_2(u_2)\theta_2(a)\theta_2(u-\\ 2;\theta_3(0)\theta_3(u)\theta(u_1+a)\theta(u_2+a)=\theta(u_1)\theta(u_2)\theta_3(a)\theta_3(u+a)+\theta_2(u_1)\theta_2(u_2)\theta_1(a)\theta_1(u-\\ \qquad=\theta_3(u_1)\theta_3(u_2)\theta(a)\theta(u+a)-\theta_1(u_1)\theta_1(u_2)\theta_2(a)\theta_2(u-\\ 3;\theta_2(0)\theta_2(u)\theta(u_1+a)\theta(u+a)=\theta(u_1)\theta(u_2)\theta_2(a)\theta_2(u+a)+\theta_3(u_1)\theta_3(u_2)\theta_1(a)\theta_1(u-\\ \qquad=\theta_2(u_1)\theta_2(u_2)\theta(a)\theta(u+a)-\theta_1(u_1)\theta_1(u_2)\theta_3(a)\theta(u-\end{cases}$$

et si l'on divise chacune de ces dernières avec celle qui en résulte en mettant $-a$ à la place de a, on trouve pour e^{2v} les trois expressions que voici :

$$(26)\quad\begin{cases}e^{2v}=\dfrac{\theta(u_1)\theta(u_2)\theta(a)\theta(u-a)-\theta_1(u_1)\theta_1(u_2)\theta_1(a)\theta_1(u-a)}{\theta(u_1)\theta(u_2)\theta(a)\theta(u+a)+\theta_1(u_1)\theta_1(u_2)\theta_1(a)\theta_1(u+a)},\\ e^{2v}=\dfrac{\theta(u_1)\theta(u_2)\theta_3(a)\theta_3(u-a)-\theta_2(u_1)\theta_2(u_2)\theta_1(a)\theta_1(u-a)}{\theta(u_1)\theta(u_2)\theta_3(a)\theta_3(u+a)+\theta_2(u_1)\theta_2(u_2)\theta_1(a)\theta_1(u+a)},\\ e^{2v}=\dfrac{\theta(u_1)\theta(u_2)\theta_2(a)\theta_2(u-a)-\theta_3(u_1)\theta_3(u_2)\theta_1(a)\theta_1(u-a)}{\theta(u_1)\theta(u_2)\theta_2(a)\theta_2(u+a)+\theta_3(u_1)\theta_3(u_2)\theta_1(a)\theta_1(u+a)}.\end{cases}$$

De ces équations, enfin, on tire les expressions cherchées en u et v_1, de

$$\frac{\theta_1(u_1)\ \theta_2(u_2)}{\theta(u_1)\ \theta(u_2)}=k\ \mathrm{sn}\ \mathrm{am}\ u_1\ .\ \mathrm{sn}\ \mathrm{am}\ u_2=\pm k\ \sqrt{x\ x_2},$$

de

$$\frac{\theta_2(u_1)\ \theta_2(u_2)}{\theta(u_1)\ \theta(u_2)} = \frac{k}{k'}\operatorname{cosam} u_1 \cdot \operatorname{cosam} u_2 = \frac{k}{k'}\sqrt{1-x_1 \cdot 1-x_2}$$

et de

$$\frac{\theta_3(u_1)\ \theta_3(u_2)}{\theta(u_1)\ \theta(u_2)} = \frac{1}{k'}\ \Delta\operatorname{am} u_1 \cdot \Delta\operatorname{am} u_2 = \frac{1}{k'}\sqrt{1-k^2x_1 \cdot 1-k^2x}$$

savoir

$$(27)\quad \left\{\begin{aligned} \pm k\sqrt{x_1 x_2} &= \frac{\theta(a)}{\theta_1(a)}\,\frac{e^{-v}\theta(u-a)-e^{v}\theta(u+a)}{e^{-v}\theta_1(u-a)+e^{v}\theta_1(u+a)} \\ \frac{k}{k'}\sqrt{1-x_1 \cdot 1-x_2} &= \frac{\theta_3(a)}{\theta_1(a)}\,\frac{e^{-v}\theta_2(u-a)-e^{v}\theta_2(u+a)}{e^{-v}\theta_1(u-a)+e^{v}\theta_1(u+a)} \\ \frac{1}{k'}\sqrt{1-k^2x_1 \cdot 1-k^2x_2} &= \frac{\theta_2(a)}{\theta_1(a)}\,\frac{e^{-v}\theta_3(u-a)-e^{v}\theta_3(u+a)}{e^{-v}\theta_1(u-a)+e^{v}\theta_1(u+a)} \end{aligned}\right.$$

Pour avoir la valeur de $\sqrt{1-\lambda^2x_1 \cdot 1-\lambda^2x_2}$ on peut se servir de l'équation connue

$$1-\lambda^2x_1 = 1-k^2\sin^2\operatorname{am} a\,\sin^2\operatorname{am} u_1 = 1-\frac{\theta_1^2(a)\ \theta_1^2(u_1)}{\theta^2(a)\ \theta^2(u_1)} = \frac{\theta^2(o)\ \theta(u_1+a)\ \theta(u_1-a)}{\theta^2(a)\ \theta^2(u_1)},$$

laquelle donne

$$\begin{aligned}\sqrt{1-\lambda^2x_1 \cdot 1-\lambda^2x_2} &= \frac{\theta^2(o)\sqrt{\theta(u_1+a)\ \theta(u_2+a)\ \theta(u_1-a)\ \theta(u_2-a)}}{\theta^2(a)\ \theta(u_1)\ \theta(u_2)} \\ &= e^{v}\,\frac{\theta^2(o)\ \theta(u_1+a)\ \theta(u_2+a)}{\theta^2(a)\ \theta(u_1)\ \theta(u_2)}.\end{aligned}$$

Or, de la première des formules (25*b*), on a

$$\frac{\theta(o)\,\theta(u)\,\theta(u_1+a)\,\theta(u_2+a)}{\theta(a)\,\theta(u_1)\,\theta(u_2)} = \theta(u+a) + \frac{\theta_1(a)\,\theta_1(u_1)\,\theta_1(u_2)\,\theta_1(u+a)}{\theta(a)\,\theta(u_1)\,\theta(u_2)};$$

et de là, au moyen de la première des équations (26),

$$\frac{\theta(o)\,\theta(u)\,\theta(u_1+a)\,\theta(u_2+a)}{\theta(a)\,\theta(u_1)\,\theta(u_2)} = \frac{\theta(u+a)\,\theta_1(u-a)+\theta(u-a)\,\theta_1(u+a)}{e^{-v}\theta_1(u-a)+e^{v}\theta_1(u+a)}\ e^{-v};$$

de l'expression (21, 5) on tire enfin en mettant $v = v'$, $v'' = v'''$

$$\theta_2(o)\,\theta_3(o)\{\theta(u-a)\,\theta_1(u+a)+\theta(u+a)\,\theta_1(u-a)\} = 2\theta_2(a)\,\theta_3(a)\,\theta(u)\,\theta_1(u)$$

et l'on obtient

$$(28) \quad \sqrt{1-\lambda^2 x_1 . 1-\lambda^2 x_2} = \frac{\vartheta(o)\,\vartheta_2(o)\,\vartheta_2(a)}{\vartheta_2(o)\,\vartheta_3(o)\,\vartheta(a)} \cdot \frac{2\,\vartheta_1(u)}{e^{-v}\,\vartheta_1(u-a)+e^{v}\,\vartheta_1(u+a)}.$$

Nous avons donc quatre fonctions symétriques de x_1 et x_2 de la forme $1-bx_1 . 1-bx_2$ exprimées en u et v. De trois quelconques de ces fonctions que nous désignons par $1-bx_1 . 1-bx_2$, $1-b_1x_1 . 1-b_1x_2$, $1-b_2x_1 . 1-b_2x_2$, et dont on pourra même réduire l'une à l'unité en posant $b_2 = 0$, on déduit aisément l'équation quadratique dont x_1 et x_2 sont les racines. Au moyen de la formule d'interpolation de Lagrange ou, ce qui revient au même, en décomposant en fractions simples l'expression fractionnaire

$$\frac{Z-x_1 . Z-x_2}{1-bZ . 1-b_1Z . 1-b_2Z},$$

on obtient cette équation sous la forme suivante :

$$0 = \frac{1-bx_1 . 1-bx_2}{b-b_1 . b-b_2} \frac{1}{1-bZ} + \frac{1-b_1x_1 . 1-b_1x_2}{b_1-b_2 . b_1-b} \frac{1}{1-b_1Z} + \frac{1-b_2x_1 . 1-b_2x_2}{b_2-b . b_2-b_1} \frac{1}{1-b_2Z} = \frac{Z-x_1 . Z-x_2}{1-bZ . 1-b_1Z . 1-b_2Z}.$$

Pour que ces deux expressions égales entre elles s'évanouissent, Z doit représenter l'une des quantités x_1 et x_2; cependant, si Z est une quantité quelconque, la même égalité peut encore servir pour en tirer la relation qui existe entre trois expressions de la forme $1-bx_1 . 1-bx_2$. On n'a pour cela qu'à prendre le coefficient de Z^{-1} dans le développement de cette équation ordonné suivant les puissances descendantes de Z.

7.

Comme les fonctions de u et v que nous venons de trouver ne sont qu'un cas spécial des fonctions à quatre périodes qui sont les inverses des intégrales ultra-elliptiques de la première classe, je ne m'y arrêterai pas plus longtemps; seulement, je ferai encore

voir qu'elles jouissent en effet d'une triple périodicité aux indices de période conjugués.

Les équations (27) et (28) montrent que les expressions de x_1x_2, de $1-x_1.1-x_2$, de $1-k^2x_1.1-k^2x_2$, et de $1-\lambda^2x_1.1-\lambda^2x_2$, en u et v, ne changent pas de valeur, si l'on augmente

$$\begin{aligned} &\text{ou } u \text{ de } 2\mathrm{K} \text{ et } v \text{ de } 0,\\ &\text{ou } u \text{ de } 2i\mathrm{K}' \text{ et } v \text{ de } \frac{i\pi a}{\mathrm{K}},\\ &\text{ou } u \text{ de } 0 \text{ et } v \text{ de } i\pi. \end{aligned}$$

Les limites x_1 et x_2 des intégrales elliptiques liées, par les équations (23), avec les deux arguments u et v sont donc en effet des fonctions triplement périodiques de ces arguments, et leur périodicité est telle, qu'aux trois indices $2\mathrm{K}$, $2i\mathrm{K}'$, 0 de u sont conjugués suivant le même ordre les trois indices $0, \frac{i\pi a}{\mathrm{K}}$, $i\pi$ de v.

D'après les recherches de M. Jacobi sur la périodicité des fonctions inverses des intégrales ultra-elliptiques, les indices de u et de v doivent répondre aux valeurs que les intégrales définies

$$2\int \frac{(\alpha+\beta x)\,dx}{\sqrt{x.1-x.1-k^2x.1-\lambda^2x.1-\mu^2x}}, \quad 2\int \frac{(\alpha'+\beta' x)\,dx}{\sqrt{x.1-x.1-k^2x.1-\lambda^2x.1-\mu^2x}},$$

prises entre les limites $-\infty$ et 0; 0 et 1; 1 et $\frac{1}{k^2}$; $\frac{1}{k^2}$ et $\frac{1}{\lambda^2}$; $\frac{1}{\lambda^2}$ et $\frac{1}{\mu^2}$, $\frac{1}{\mu^2}$ et ∞ auront, si μ devient égal à λ.

Soit $x.1-x.1-k^2x.1-\lambda^2x.1-\mu^2x=(x, k, \lambda, \mu)$: M. Jacobi a démontré que l'on a

$$(29)\quad \begin{cases} \displaystyle\int_0^1 \frac{(\mathrm{A}+\mathrm{B}x)\,dx}{\sqrt{(x, k, \lambda, \mu)}} - \int_{\frac{1}{k^2}}^{\frac{1}{\lambda^2}} \frac{(\mathrm{A}+\mathrm{B}x)\,dx}{\sqrt{(x, k, \lambda, \mu)}} + \int_{\frac{1}{\mu^2}}^{\infty} \frac{(\mathrm{A}+\mathrm{B}x)\,dx}{\sqrt{(x, k, \lambda, \mu)}} = 0, \\ \displaystyle\int_{-\infty}^0 \frac{(\mathrm{A}+\mathrm{B}x)\,dx}{\sqrt{(x, k, \lambda, \mu)}} - \int_1^{\frac{1}{k^2}} \frac{(\mathrm{A}+\mathrm{B}x)\,dx}{\sqrt{(x, k, \lambda, \mu)}} + \int_{\frac{1}{\lambda^2}}^{\frac{1}{\mu^2}} \frac{(\mathrm{A}+\mathrm{B}x)\,dx}{\sqrt{(x, k, \lambda, \mu)}} = 0; \end{cases}$$

où dans la première de ces équations $\sqrt{(x, k, \lambda, \mu)}$ et dans la seconde $\sqrt{-(x, k, \lambda, \mu)}$ doit demeurer positive pour toutes les valeurs de x contenues entre les limites de l'intégration.

On devra donc mettre dans ces équations

$$\left.\begin{aligned} &\text{quand}\quad x<\tfrac{1}{\lambda^2}\ \lim(\lambda=\mu)\left\{\sqrt{(x,k,\lambda,\mu)}\right\}=(1-\lambda^2x)\sqrt{x.1-x.1-k^2x}\\ &\text{et quand}\ x>\tfrac{1}{\lambda^2}\ \lim(\lambda=\mu)\left\{\sqrt{(x,k,\lambda,\mu)}\right\}=-(1-\lambda^2x)\sqrt{x.1-x.1-k^2x}\end{aligned}\right| \quad (30)$$

en désignant par $\lim(\lambda=\mu)\{f(\lambda, \mu)\}$ la limite vers laquelle la fonction $f(\lambda, \mu)$ converge, si λ et μ convergent vers une limite donnée.

Cela posé, la première des équations (29) fait voir, que l'on n'a qu'un seul indice réel pour chacun des arguments u et v, qui provient de l'intégrale

$$\int_0^1 \frac{(A+Bx)\,dx}{1-\lambda^2x.\sqrt{x.1-x.1-k^2x}} = \lim(\lambda=\mu)\left\{\int_0^1 \frac{(A+Bx)\,dx}{\sqrt{(x,k,\lambda,\mu)}}\right\}$$

en y mettant successivement $\alpha+\beta x$ et $\alpha'+\beta' x$ à la place de $A+Bx$. La limite vers laquelle converge chacune de deux autres intégrales contenues dans l'équation (29,1), si $\lambda-\mu$ converge vers la limite zéro est l'infini; leur différence a pourtant une limite finie, savoir l'intégrale $\int_0^1 \frac{(A+Bx)\,dx}{1-\lambda^2x.\sqrt{x.1-x.1-k^2x}}$; et si $A=2\alpha=1$, $B=2\beta=-\lambda^2$, on en obtient la relation connue

$$\int_0^1 \frac{dx}{\sqrt{x.1-x.1-k^2x}} = \int_{\frac{1}{k^2}}^{\infty} \frac{dx}{\sqrt{x.1-x.1-k^2x}},$$

en ayant égard à la seconde des formules (30).

Les intégrales contenues dans la formule (29,2) convergent toutes les trois vers des limites finies, si $\lambda - \mu$ converge vers 0. Car on trouve par la substitution de $x = \frac{1}{\lambda^2 - \nu(\lambda^2 - \mu^2)}$

$$\pm \lim(\lambda = \mu) \left\{ \int_{\frac{1}{\lambda^2}}^{\frac{1}{\mu^2}} \frac{(A + Bx)\,dx}{\sqrt{-(x, k, \lambda, \mu)}} \right\} = \frac{(B + A\lambda^2)\,\pi}{\sqrt{\lambda^2 - 1 - \lambda^2 k^2 - \lambda^2}},$$

d'où l'équation (29, 2) prend la forme

$$\int_{-\infty}^{0} \frac{(A + Bx)\,dx}{1 - \lambda^2 x . \sqrt{x . 1 - x . 1 - k^2 x}} - \int_{1}^{\frac{1}{k^2}} \frac{(A + Bx)\,dx}{1 - \lambda^2 x . \sqrt{x . 1 - x . 1 - k^2 x}} = \pm \frac{(B + A\lambda^2)\,\imath\pi}{\sqrt{\lambda^2 - 1 - \lambda^2 k^2 - \lambda^2}}.$$

Pour $A = \alpha$, $B = \beta$, on en tire la formule connue

$$\int_{-\infty}^{0} \frac{dx}{\sqrt{x . 1 - x . 1 - k^2 x}} - \int_{1}^{\frac{1}{k^2}} \frac{dx}{\sqrt{x . 1 - x . 1 - k^2 x}} = 0,$$

et pour $A = \alpha'$, $B = \beta'$, on en obtient :

$$\int_{-\infty}^{0} \frac{(\alpha' + \beta' x)\,dx}{(1 - \lambda^2 x)\sqrt{x . 1 - x . 1 - k^2 x}} - \int_{1}^{\frac{1}{k^2}} \frac{(\alpha' + \beta' x)\,dx}{1 - \lambda^2 x . \sqrt{x . 1 - x . 1 - k^2 x}} = \frac{\imath\pi}{2}.$$

Or, on a des formules connues sur les fonctions elliptiques,

$$\int_{-\infty}^{0} \frac{(\alpha' + \beta' x)\,dx}{1 - \lambda^2 x . \sqrt{x . 1 - x . 1 - k^2 x}} = \frac{\imath\pi a}{2K} + \frac{\imath\pi}{2}\,; \int_{1}^{\frac{1}{k^2}} \frac{(\alpha' + \beta' x)\,dx}{1 - \lambda^2 x . \sqrt{x . 1 - x . 1 - k^2 x}} = \frac{\imath\pi a}{2K}\,;$$

les indices de période des arguments u et v s'expriment donc par des intégrales définies de la manière suivante :

$$2\mathrm{K}=2\lim(\lambda=\mu)\left\{\int_0^1\frac{(\alpha+\beta x)\,dx}{\sqrt{(x,k,\lambda,\mu)}}\right\}\text{ et }0=2\lim(\lambda=\mu)\left\{\int_0^1\frac{(\alpha'+\beta' x)\,dx}{\sqrt{(x,k,\lambda,\mu)}}\right\};$$

$$2i\mathrm{K}'=2\lim(\lambda=\mu)\left\{\int_1^{\frac{1}{k^2}}\frac{(\alpha+\beta x)\,dx}{\sqrt{(x,k,\lambda,\mu)}}\right\}\text{ et }\frac{i\pi a}{\mathrm{K}}=2\lim(\lambda=\mu)\left\{\int_1^{\frac{1}{k^2}}\frac{(\alpha'+\beta' x)\,dx}{\sqrt{(x,k,\lambda,\mu)}}\right\};$$

$$0=2\lim(\lambda=\mu)\left\{\int_{\frac{1}{\lambda^2}}^{\frac{1}{\mu^2}}\frac{(\alpha+\beta x)\,dx}{\sqrt{(x,k,\lambda,\mu)}}\right\}\text{ et }i\pi=2\lim(\lambda=\mu)\left\{\int_{\frac{1}{\lambda^2}}^{\frac{1}{\mu^2}}\frac{(\alpha'+\beta' x)\,dx}{\sqrt{(x,k,\lambda,\mu)}}\right\}.$$

8.

Avant de terminer cette matière, je dois encore faire une remarque importante. Si l'on désigne le dénominateur commun des expressions (27) par $t(u,v)$, elles peuvent être écrites de la manière suivante:

$$(31)\quad\begin{cases}1;\ \pm\sqrt{k\lambda\lambda}\,\sqrt{x_1x_2}=\dfrac{e^{i\pi\frac{2u+i\mathrm{K}}{4\mathrm{K}}}\,t\left(u+i\mathrm{K}',v+\dfrac{i\pi a}{2\mathrm{K}}+\dfrac{i\pi}{2}\right)}{t(u,v)},\\[2ex] 2;\ \sqrt{\dfrac{k\lambda\lambda}{k_1\lambda_1\lambda_1}}\sqrt{1-x_1}\sqrt{1-x_2}=\dfrac{e^{i\pi\frac{2u+i\mathrm{K}'}{4\mathrm{K}}}\,t\left(u+\mathrm{K}+i\mathrm{K}',v+\dfrac{i\pi a}{2\mathrm{K}}+\dfrac{i\pi}{2}\right)}{t(u,v)},\\[2ex] 3;\ \sqrt{\dfrac{\lambda\lambda}{\lambda_k\lambda_1}}\sqrt{1-k^2x_1}\sqrt{1-k^2x_2}=\dfrac{t(u+\mathrm{K},v)}{t(u,v)}.\end{cases}$$

ou $k_1^2=1-k^2$, $\lambda_1^2=1-\lambda^2$, $\lambda_k^2=k^2-\lambda^2$; et l'on voit que les numérateurs de ces trois expressions résultent de leur dénominateur commun $t(u,v)$, en y augmentant les arguments u et v des moitiés de leurs indices conjugués, abstraction faite d'un facteur simple. Mais ces paires d'indices conjugués étant au nombre

de trois, si l'on fait cette augmentation des arguments u et v de toutes les manières possibles, on obtiendra de $t(u, v)$, en total, $2^3-1=7$ fonctions nouvelles, tel étant le nombre de toutes les combinaisons, sans répétition, des classes diverses que l'on peut faire de trois choses.

En divisant ces sept fonctions par $t(u, v)$, outre les trois quotients qui forment les seconds membres des équations (31), on en aura encore quatre, lesquels cependant s'expriment en x_1 et x_2, moins simplement que celles-là, bien que la manière dont elles dépendent de u et v n'en soit pas plus compliquée. Pour en avoir les valeurs en x_1 et x_2, on peut se servir ou du théorème Abélien sur l'addition des intégrales, ou des formules sur les fonctions $\Theta(u)$ données ci-dessus, et l'on trouvera :

$$31)\quad \left\{\begin{aligned}
4;\ & \frac{\lambda}{\lambda_1\lambda_k}\,\frac{1-\lambda^2x_2\sqrt{x_1.1-x_1.1-k^2x_1}\mp 1-\lambda^2x_1\sqrt{x_2.1-x_2.1-k^2x_2}}{x_2-x_1}=\frac{it\left(u,v+\frac{i\pi}{2}\right)}{t(u,v)},\\
5;\ & \frac{\sqrt{k}}{\lambda_1\lambda_k}\,\frac{1-\lambda^2x_1\sqrt{x_1.1-x_2.1-k^2x_2}\mp 1-\lambda^2x_2\sqrt{x_2.1-x_1.1-k^2x_1}}{x_2-x_1}=\frac{ie^{i\pi\frac{2u+iK'}{4KK'}}t\left(u+iK',v+\frac{i\pi v}{2K}\right)}{t(u,v)},\\
6;\ & \frac{1}{\lambda_1}\sqrt{\frac{}{k_1}}\,\frac{1-\lambda^2x_2\sqrt{1-x_2.x_1.1-k^2x_1}\mp 1-\lambda^2x_1\sqrt{1-x_1.x_2.1-k^2x_2}}{x_2-x_1}=-\frac{e^{i\pi\frac{2u+iK'}{4KK'}}t\left(u+K+iK',v+\frac{i\pi a}{2K}\right)}{t(u,v)},\\
7;\ & \frac{1}{\lambda_1\sqrt{k_1}}\,\frac{1-\lambda^2x_2\sqrt{1-k^2x_2.x_1.1-x_1}\mp 1-\lambda^2x_1\sqrt{1-k^2x_1.x_2.1-x_2}}{x_2-x_1}=-\frac{it\left(u+K,v+\frac{i\pi}{2K}\right)}{t(u,v)};
\end{aligned}\right.$$

et de la même manière on obtient, outre l'équation dérivée ci-dessus,

$$8;\quad \frac{k}{\lambda_1\lambda_k}\sqrt{1-\lambda^2x_1.1-\lambda^2x_2}=\frac{2\theta(a)\theta_1(u)}{\theta(o)t(u,v)},$$

les trois suivantes:

$$(31)\quad \left\{\begin{array}{l} 9\,;\ \dfrac{\sqrt{k}}{\lambda_1\lambda_2}\sqrt{1-\lambda^2x_1.1-\lambda^2x_2}\,\dfrac{\sqrt{x_1.1-x_2.1-k^2x_2}\mp\sqrt{x_2.1-x_1.1-k^2x_1}}{x_2-x_1}=-\dfrac{2\theta'(u)\,\theta_1(u)}{\theta(o)\,\theta(u,v)} \\ 10\,;\ \dfrac{\sqrt{k}}{\lambda_1\lambda_2\sqrt{k_1}}\sqrt{1-\lambda^2x_1.1-\lambda^2x_2}\,\dfrac{\sqrt{x_1.1-k^2x_1.1-x_2}\mp\sqrt{x_2.1-k^2x_2.1-x_1}}{x_2-x_1}=-\dfrac{2\theta(u)\theta_2(u)}{\theta(o)\theta(u,v)} \\ 11\,;\ \dfrac{k}{\lambda_1\lambda_2\sqrt{k_1}}\sqrt{1-\lambda^2x_1.1-\lambda^2x_2}\,\dfrac{\sqrt{x_1.1-x_1.1-k^2x_2}\mp\sqrt{x_2.1-x_2.1-k^2x_1}}{x_2-x_1}=-\dfrac{2\theta(u)\theta_3(u)}{\theta(o)\theta(u,v)} \end{array}\right.$$

Ces onze fonctions à trois périodes ont, comme l'on voit, une forme analogue à celle des fonctions circulaires ou exponentielles simplement périodiques. La forme des sept premières répond à celle des tangentes trigonométriques, et celle des quatre dernières ressemble à la forme des sécantes.

CHAPITRE II.

DES NOUVELLES SÉRIES DONT LES QUOTIENTS FORMENT LES FONCTIONS CHERCHÉES DE DEUX VARIABLES ET À QUATRE PÉRIODES.

1.

La série $\Theta(v)$ a la forme

$$\Theta_1(v)=\sum_{n=-\infty}^{n=+\infty} q^{n^2}e^{2nv}+1+\sum_{n=1}^{n=\infty} q^{n^2}\left(e^{2nv}-e^{-2nv}\right);$$

elle se compose donc, d'après une loi manifeste et simple, des fonctions de la forme e^v+e^{-v} et d'un module q. Suivant une loi semblable, j'ai formé des séries à deux variables au moyen des fonctions de la forme $e^v\Theta_1(w+\Lambda,q)\mp e^{-v}\Theta_1(w-\Lambda,q)$, que nous venons de trouver comme numérateurs et dénominateurs des fonctions triplement périodiques, et au moyen d'un troisième

module p, en ayant égard à ce que les quotients de deux séries quelconques obtenues de cette manière jouissent, par rapport aux arguments v et w, d'une périodicité quadruple, et aux indices de période conjugués.

On voit aisément que, pour cela, ces séries nouvelles doivent être de la forme

$$(32)\quad \left\{1+\sum_{m=1}^{m=\infty} p^{m^2}\left\{e^{2mi}\,\Theta_r(w+2m\mathrm{A},\,q)+e^{-2mi}\,\Theta_r(w-2m\mathrm{A},\,q)\right\}\right\} = \sum_{m=-\infty}^{m=+\infty} p^{m^2}\,e^{2mi}\,\Theta_r(w+2m\mathrm{A},\,q),$$

r étant un quelconque des quatre indices 0, 1, 2, 3.

Les quatre séries $\Theta_r(w, q)$ sont de la forme

$$\sum_{n=-\infty}^{n=+\infty} e^{an^2+bn+c},$$

où $a=\log q$ et où b et c sont des expressions linéaires et entières de w. De même, les nouvelles séries qui, comme nous le verrons dans la suite, sont au nombre de seize, seront toutes comprises dans la forme analogue

$$(33)\quad \sum_{m=-\infty}^{m=+\infty}\sum_{n=-\infty}^{n=+\infty} e^{\alpha m^2+\beta n^2+\gamma mn+\delta m+\varepsilon n+\zeta},$$

où $\alpha=\log p$, $\beta=\log q$, $\gamma=4\mathrm{A}$ et où δ, ε, ζ sont des expressions linéaires et entières des arguments v et w, ce qui a déjà été mentionné plus haut.

2.

Je partirai de la série qui découle de la formule (33) en y mettant $\zeta=0$, $\delta=2v$, $\varepsilon=2w$; ou de (32), en faisant $r=3$, et je la

désignerai par $\varphi_{3,3}(v, w, p, q, \mathrm{A})$, ou simplement par $\varphi_{3,3}(v, w)$, quand on ne considère que des fonctions aux mêmes modules p, q, A.

Cela posé, on a

$$(34)\quad \left\{\begin{array}{l} 1\,;\ \varphi_{3,3}(v,w) = \sum_{m=-\infty}^{m=+\infty} p^{m^2} e^{2mv}\, \Theta_3(w+2m\Lambda, q) \\ \qquad\qquad = \sum_{n=-\infty}^{n=+\infty} q^{n^2} e^{2nw}\, \Theta_3(v+2n\Lambda, p) \\ \text{ou bien} \\ 2\,;\ \varphi_{3,3}(v,w) = \sum_{m=-\infty}^{m=+\infty} \sum_{n=-\infty}^{n=+\infty} e^{m^2\log p + n^2\log q + 4mn\Lambda + 2mv + nw} \\ \text{et, par conséquent,} \\ 3\,;\ \varphi_{3,3}(iv, iw) = 1 + \sum_{m=1}^{m=\infty}\sum_{n=1}^{n=\infty} 2p^{m^2}.q^{n^2}\{e^{4mn\Lambda}\cos 2(mv+nw) + \\ \qquad\qquad + e^{-4mn\Lambda}\cos 2(mv-nw)\}\end{array}\right.$$

Pour que la série $\varphi_{3,3}(v,w)$ converge, il suffit que $\log p$, $\log q$ et $4\Lambda^2 - \log p \log q$, ou, s'ils sont imaginaires, que leurs modules soient des quantités négatives. En effet, comme l'on a

$$\begin{aligned} m^2\log p + n^2\log q + 4mn\Lambda &= \frac{(m\log p + 2n\Lambda)^2}{\log p} + \frac{n^2(\log p\log q - 4\Lambda^2)}{\log p} \\ &= \frac{(n\log q + 2m\Lambda)^2}{\log q} + \frac{m^2\log p\log q - 4\Lambda^2}{\log q} \end{aligned}$$

et, par conséquent,

$$\begin{aligned} m^2\log p + n^2\log q + 4mn\Lambda = &\frac{(m\log p + 2n\Lambda)^2}{2\log p} + \frac{(n\log q + 2m\Lambda)^2}{2\log q} \\ &+ m^2\frac{\log p\log q - 4\Lambda^2}{2\log q} + n^2\frac{\log p\log q - 4\Lambda^2}{2\log p}. \end{aligned}$$

on peut dériver la série $\varphi_{3,3}(v,w)$ de cette autre

$$\sum_{m=-\infty}^{m=+\infty}\sum_{n=-\infty}^{n=+\infty} e^{m^2\frac{\log p\log q - 4\Lambda^2}{2\log q} + 2mv} \times e^{n^2\frac{\log p\log q - 4\Lambda^2}{2\log p} + nw}$$

$$= \Theta_3\left(v, e^{\frac{\log p\log q - 4\Lambda^2}{2\log q}}\right).\Theta_3\left(w, e^{\frac{\log p\log q - 4\Lambda^2}{2\log p}}\right)$$

en y multipliant le terme qui répond aux indices m et n par la quantité

$$e^{\frac{(m\log p+2n\mathrm{A})^2}{2\log p}+\frac{(n\log q+2m\mathrm{A})^2}{2\log q}};$$

or, si $\log p$, $\log q$ et $(4\mathrm{A}^2-\log p\log q)$, sont des quantités négatives, cette quantité est toujours moindre que l'unité[1], et en même temps, la série précédente converge pour toutes les valeurs finies, réelles ou imaginaires, de v et de w; par conséquent, la série $\varphi_{3,3}(v, w)$, dans ce cas, en convergera plus rapidement encore.

Supposons donc que les trois quantités $\log p, \log q, 4\mathrm{A}^2-\log p\log q$ sont toujours négatives, alors la série $\varphi_{3,3}(v, w)$ aura, comme nous venons de le voir, une valeur unique et finie pour toutes les valeurs finies, réelles ou imaginaires, des deux arguments v et w. Je remarque encore que pour $\mathrm{A}=0$ cette série se réduit au produit $\vartheta_3(v, p)\,.\,\vartheta_3(w, q)$.

3.

La serie $\varphi_{3,3}(v, w)$ est une fonction doublement périodique de v et w aux paires d'indices conjugués $i\pi$ et o, o et $i\pi$; car on a

$$\left.\begin{aligned}\varphi_{3,3}(v+ai\pi,\ w)&=\varphi_{3,3}(v, w)\\ \varphi_{3,3}(v, w+ai\pi)&=\varphi_{3,3}(v, w)\end{aligned}\right\} \tag{35}$$

a étant un nombre entier quelconque. La relation qu'il y a ici entre les quatre indices de période ne donne pas un caractère spécial à cette double périodicité; car, en substituant $v=av_1+bw_1$, $w=cv_1+dw_1$, on peut déterminer les quatre constantes a, b, c, d, de sorte que les quatre indices de période, pour la fonction transformée, soient des quantités données.

[1] Excepté pour $m=n=0$, où elle est égale à l'unité.

Qu'on multiplie maintenant la fonction $\varphi_{3,3}(v,w)$ par $e^{\frac{v^2}{\log p}}$, le produit jouira encore d'une double périodicité, mais ses paires d'indices conjugués seront $\log p$, $2A$ et o, $i\pi$; Car on obtient

$$(36)\qquad e^{\frac{v^2}{\log p}}\varphi_{3,3}(v,w)=\sum_{m=-\infty}^{m=+\infty} e^{\frac{(v+2m\log p)^2}{\log p}}\,\Theta_3(w+2mA,q)$$

et cette fonction ne varie pas, si l'on y met à la place de v, w, ou $v+\log p$, $w+2A$, ou v, $w+i\pi$.

De la même manière, on voit que la fonction de v, w

$$(37)\qquad e^{\frac{w^2}{\log q}}\varphi_{3,3}(v,w)=\sum_{n=-\infty}^{n=+\infty} e^{\frac{(w+n\log q)^2}{\log q}}\,\Theta_3(v+2nA,p)$$

est doublement périodique aux paires d'indices conjugués $i\pi$, o et $2A$, $\log q$.

4.

Les deux dernières équations donnant

$$\varphi_{3,3}(v,w)=e^{M}\varphi_{3,3}\{v+\beta\log p+2\gamma A,\ w+2\beta A+\gamma\log q\},$$

où

$$M=\beta^2\log p-\gamma^2\log q+4\beta\gamma A+2\beta v+2\gamma w,$$

et où β et γ désignent des nombres entiers quelconques; je me propose de trouver la fonction la plus simple de v et de w, laquelle, multipliée par $\varphi_{3,3}(v,w)$, rende le produit doublement périodique aux paires d'indices conjugués $\log p$, $2A$, et $2A$, $\log q$. En désignant ce facteur par $e^{f(v,w)}$, on voit que $f(v,w)$ ne pourra être que de la forme

$$f(v,w)=av^2+bw^2-4cvw$$

car elle doit être indépendante de β et de γ et satisfaire à la condition

$$f\{v+\beta\log p+2\gamma A),\ (w+\gamma\log q+2\beta A)\}-f(v,w)$$
$$=\beta^2\log p+\gamma^2\log q+4\beta\gamma A+2\beta v+2\gamma w.$$

Cette condition donne pour la détermination de a, b, c, les équations

$$a(\beta\log p+2\gamma A)-2c(\gamma\log q+2\beta A)-\beta=0,$$
$$b(\gamma\log q+2\beta A)-2c(\beta\log p+2\gamma A)-\gamma=0,$$
$$(\beta\log p+2\gamma A)\{a(\beta\log p+2\gamma A)-2c(\gamma\log q+2\beta A)-\beta\}$$
$$+(\gamma\log q+2\beta A)\{b(\gamma\log q+2\beta A)-2c(\beta\log p+2\gamma A)-\gamma\}=0,$$

dont la troisième résulte des deux premières. Comme elles doivent être remplies indépendamment des valeurs de β et de γ, on en tire

$$a\log p-4cA=1,\quad b\log q-4cA=1,$$
$$aA-c\log q=0,\quad bA-c\log p=0,$$

et par conséquent

$$a=\frac{\log q}{\log p\log q-4A^2},\ b=\frac{\log p}{\log p\log q-4A^2},\ c=\frac{A}{\log p\log q-4A^2},$$

et

$$(38)\qquad f(v,w)=\frac{v^2\log q+w^2\log p-4Avw}{\log p\log q-4A^2}$$

On obtient la fonction $f(v,w)$ sous une autre forme, si l'on suit directement la méthode employée dans la géométrie analytique pour transporter l'origine des coordonnées d'un point quelconque du plan dans le centre d'une section conique. On n'a pour cela qu'à substituer $\beta+v-v$ et $\gamma+w-w$ pour β et γ dans l'expression

$$\beta^2\log p+\gamma^2\log q+4\beta\gamma A+2\beta v+2\gamma w$$

et, après l'avoir ordonnée suivant les puissances de $(\beta+v)$, $(\gamma+w)$, à déterminer v et w de manière que les termes multipliés par les premières puissances s'évanouissent. v et w doivent donc satisfaire aux équations

$$\begin{aligned} v\log p + 2w\mathrm{A} &= v \\ w\log q + 2v\mathrm{A} &= w, \end{aligned}$$

d'où l'on tire

$$v = \frac{v\log q - 2\mathrm{A}w}{\log p\log q - 4\mathrm{A}^2} \qquad w = \frac{w\log p - 2\mathrm{A}v}{\log p\log q - 4\mathrm{A}^2}$$

et

$$\begin{aligned} &\beta^2\log p + \gamma^2\log q + 4\beta\gamma\mathrm{A} + 2\beta v + 2\gamma w + v^2\log p + w^2\log q + 4\mathrm{A}vw \\ &\quad = (\beta+v)^2\log p + (\gamma+w)^2\log q + 4\mathrm{A}(\beta+v)(\gamma+w), \end{aligned}$$

parce que l'on a

$$vv + ww = v^2\log p + w^2\log q + 4\mathrm{A}vw.$$

Or on a aussi

$$vv + ww = \frac{v^2\log q + w^2\log p - 4\mathrm{A}vw}{\log p\log q - 4\mathrm{A}^2};$$

en mettant donc $\mathrm{F}(v,w) = v^2\log p + w^2\log q + 4\mathrm{A}vw$, on a

$$vv + ww = f(v,w) = \mathrm{F}(v,w);$$

et

$$\begin{aligned} &\beta^2\log p + \gamma^2\log q + 4\beta\gamma\mathrm{A} + 2\beta v + 2\gamma w = \mathrm{F}(v+\beta, w+\gamma) - \mathrm{F}(v,w) \\ &\quad = f\{(v+\beta\log p + 2\gamma\mathrm{A}), (w+2\beta\mathrm{A}+\gamma\log q)\} - f(v,w); \end{aligned}$$

d'où il suit

$$e^{f(v,w)}\varphi_{\beta,\gamma}(v,w) = \sum_{m=-\infty}^{m=+\infty}\sum_{n=-\infty}^{n=+\infty} e^{f\{(v+m\log p+2n\mathrm{A}),\,(w+n\log q+2m\mathrm{A})\}} \tag{39}$$

$$= e^{\mathrm{F}(v,w)}\varphi_{v,w}(v,w) = \sum_{m=-\infty}^{m=+\infty}\sum_{n=-\infty}^{n=+\infty} e^{\mathrm{F}(v+m,\,w+n)} \tag{40}$$

où

$$(41)\qquad \begin{cases} \mathrm{v}\log p + 2\mathrm{A}\mathrm{w} = v, \\ \mathrm{w}\log q + 2\mathrm{A}\mathrm{v} = w, \end{cases} \qquad (42)\qquad \begin{cases} \dfrac{v\log q - 2\mathrm{A}w}{\log p\log q - 4\mathrm{A}^2} = \mathrm{v}, \\ \dfrac{w\log p - 2\mathrm{A}v}{\log p\log q - 4\mathrm{A}^2} = \mathrm{w}, \end{cases}$$

et

$$(43)\qquad f(v,w) = \frac{v^2\log q + w^2\log p - 4\mathrm{A}vw}{\log p\log q - 4\mathrm{A}^2} = \mathrm{F}(\mathrm{v},\mathrm{w}) = \mathrm{v}^2\log p + \mathrm{w}^2\log q + 4\mathrm{A}\mathrm{v}\mathrm{w}.$$

Ces equations montrent que $e^{f(v,w)}\,\varphi_{3,3}(v,w)$ est une fonction doublement périodique de v et de w aux paires d'indices conjugués $\log p$, $2\mathrm{A}$ et $2\mathrm{A}$, $\log q$; et que si on l'exprime en v et w, les paires des indices conjugués deviennent 1,0 et 0,1.

Exprimons encore $e^{f(v,w)}\,\varphi_{3,3}(v,w)$ en v et w; et en w, v; on a d'après les formules (41) et (42).

$$f(v,w) = \mathrm{F}(\mathrm{v},\mathrm{w}) = \frac{v^2}{\log p} + \frac{\log p\log q - 4\mathrm{A}^2}{\log p}\,\mathrm{w}^2 = \mathrm{M}(v,\mathrm{w}) = \frac{w^2}{\log q} + \frac{\log p\log q - 4\mathrm{A}^2}{\log q}\,\mathrm{v}^2 = \mathrm{N}(w,\mathrm{v}),$$

et par conséquent

$$(44)\qquad e^{\frac{v^2}{\log p} + \frac{\log p\log q - 4\mathrm{A}^2}{\log p}\mathrm{w}^2}\,\varphi_{3,3}(v,w) = \sum_{n=-\infty}^{n=+\infty} e^{\frac{\log p\log q - 4\mathrm{A}^2}{\log p}(\mathrm{w}+n)^2}\, e^{\frac{(v+2n\mathrm{A})^2}{\log p}}\,\vartheta_3(v+2n\mathrm{A},p),$$

$$(45)\qquad e^{\frac{w^2}{\log q} + \frac{\log p\log q - 4\mathrm{A}^2}{\log q}\mathrm{v}^2}\,\varphi_{3,3}(v,w) = \sum_{m=-\infty}^{m=+\infty} e^{\frac{\log p\log q - 4\mathrm{A}^2}{\log q}(\mathrm{v}+m)^2}\, e^{\frac{(w+2m\mathrm{A})^2}{\log q}}\,\vartheta_3(w+2m\mathrm{A},p);$$

où l'on a mis

$$e^{\frac{(v+2n\mathrm{A})^2}{\log p}}\,\vartheta_3\{v+2n\mathrm{A},p\} \quad\text{et}\quad e^{\frac{(w+2m\mathrm{A})^2}{\log q}}\,\vartheta_3\{w+2m\mathrm{A},q\},$$

pour leurs valeurs

$$\sum_{m=-\infty}^{m=+\infty} e^{\frac{\{v+2n\mathrm{A}+m\log p\}^2}{\log p}} \quad \text{et} \quad \sum_{n=-\infty}^{n=+\infty} e^{\frac{\{w+2m\mathrm{A}+n\log q\}^2}{\log q}};$$

et par ces équations on voit que la fonction doublement périodique $e^{f(v,w)}\,\vartheta_{3,3}(v,w)$ exprimée en v et w a les paires d'indices conjugués $\log p$, o et $2\mathrm{A}$, 1; et que ses paires d'indices deviennent $\log q$, o et $2\mathrm{A}$, 1, si on la considère comme fonction des arguments w et v.

5.

On peut se servir des deux dernières formes de $e^{f(v,w)}\,\vartheta_{3,3}(v,w)$ pour trouver les relations qui existent entre les fonctions $\vartheta_{3,3}$ aux arguments réels et celles aux arguments de la forme iv, w ou de la forme v, iw. On en obtient la première en développant la forme (44) selon les cosinus et les sinus des multiples de l'argument $\frac{2v\pi}{\log p}$, à l'égard duquel seul elle est simplement périodique, à l'indice de période 2π; et on a de même l'autre relation entre les fonctions $\vartheta_{3,3}$ aux arguments réels, et celles aux arguments de la forme v et iw en développant la forme (45) de $e^{f(v,w)}\,\vartheta_{3,3}(v,w)$ suivant les cosinus et les sinus de $\frac{2w\pi}{\log q}$. Mais il suffira d'en avoir trouvé une, parce que l'autre en résultera, si l'on y met et les arguments v et w et les modules p et q les uns aux places des autres.

Par la combinaison de ces deux relations, on déduira la formule de réduction des fonctions $\vartheta_{3,3}(v,w)$ aux arguments de la forme iv, iw de celles aux arguments réels, et cette dernière doit être la même que celle que l'on pourra trouver en développant la forme (40) de $e^{f(v,w)}\,\vartheta_{3,3}(v,w)$ suivant les cosinus et les sinus des multiples de $2\mathrm{V}\pi$ et de $2\mathrm{W}\pi$.

On a donc seulement à faire le développement de l'une des deux formes (44) et (45) : prenons la forme (44).

On voit que, pour en avoir le développement suivant les cosinus et les sinus des multiples de $\frac{2v\pi}{\log p}$, on n'aura qu'à développer de cette manière la fonction $e^{\frac{(v+2nA)^2}{\log p}}\,\Theta_3(v+2nA, p)$, et que le développement de celle-là marchera seulement suivant les cosinus des multiples de $\frac{v+2nA}{\log p}\,2\pi$.

Ce développement est connu par la théorie des fonctions elliptiques : il est représenté par la formule

$$\frac{\theta(iu+K,k)}{\theta(o,k)} = \sqrt{\frac{k}{k'}}\,e^{\frac{\pi u^2}{4kK}}\,\frac{\theta(u+K'k')}{\theta(o,k')}$$

dérivée par M. Jacobi dans ses *Fund. nova* (p. 165), laquelle au moyen des formules

$$\theta(o,k) = \sqrt{\frac{2k'K}{\pi}}, \quad \theta(o,k') = \sqrt{\frac{2kK'}{\pi}},$$

peut être mise sous la forme

$$\theta(iu+K,k) = \sqrt{\frac{K}{K'}}\,e^{\frac{-u^2}{4kK}}\,\theta(u+K',k');$$

ou dans nos signes

$$\theta_3(iu,k) = \sqrt{\frac{K}{K'}}\,e^{\frac{\pi u^2}{4kK'}}\,\theta_3(u,k'),$$

ou bien

$$e^{\frac{\pi u^2}{4kK'}}\,\theta_3(u,k) = \sqrt{\frac{K}{K'}}\,\theta_3(iu,k').$$

Si l'on y met enfin $\frac{i\pi u}{2K} = v$, $\frac{i\pi u}{2K'} = v'$, $\log p = -\frac{\pi K'}{K}$, $\log p' = -\frac{\pi K}{K'}$, on en tire

$$e^{\frac{v^2}{\log p}}\,\Theta_3(v,p) = \sqrt{-\frac{\pi}{\log p}}\,\Theta_3(iv',p') \tag{46}$$

où

$$\log p'.\log p=\pi^2,\quad v'=\frac{\pi v}{\log p},\qquad v=\frac{\pi v'}{\log p'}$$

Au moyen de cette formule[1] (46) on obtient des équations (44) et (45) les deux théorèmes suivants:

THÉORÈME I.

$$(47)\qquad e^{\frac{v^2}{\log p}}\,\varphi_{\nu,\nu'}(v,w,p,q,\mathrm{A})=\sqrt{-\frac{\pi}{\log p}}\,\varphi_{\nu,\nu'}(iv',w',p',q',\mathrm{A}')$$

où

$$\log p.\ \log p'=\pi^2=\frac{\log p\log q-4\mathrm{A}^2}{\log q}.\frac{\log p'\log q'-4\mathrm{A}'^2}{\log q'},$$

$$\log q'=\frac{\log p\log q-4\mathrm{A}^2}{\log p},\quad \log q=\frac{\log p'\log q'-4\mathrm{A}'^2}{\log p'}$$

$$\mathrm{A}'=\frac{i\pi\mathrm{A}}{\log p},\qquad i\mathrm{A}=\frac{\pi\mathrm{A}'}{\log p'}$$

$$\begin{cases} v'=\dfrac{\pi v}{\log p}, \\ v=\dfrac{\pi v'}{\log p'}, \end{cases}\qquad \begin{cases} w'=\dfrac{w\log p-2\mathrm{A}v}{\log p}, \\ w=\dfrac{w'\log p'-2i\mathrm{A}'v'}{\log p'}. \end{cases}$$

[1] Dans ses leçons, M. Jacobi a déduit la formule (46) du développement de la série

$$e^{\frac{v^2}{\log p}}\,\vartheta_3(v,p)=\sum_{m=-\infty}^{m=+\infty}e^{\frac{(v+m\log p)^2}{\log p}},$$

suivant les cosinus des multiples de $\frac{2\pi v}{\log p}=2v'$. Le coefficient de $2\cos 2nv'$ est, comme l'on sait, égal à

$$\frac{1}{2\pi}\Sigma_m\int_{a-2\pi}^{a+2\pi}e^{\frac{\log p}{4\pi^2}(2v'+2m\pi)^2}\cos 2nv'.\,dv'$$

a étant une quantité quelconque. Pour trouver la valeur de cette somme d'intégrales, M. Jacobi

THÉORÈME II.

$$(48)\qquad e^{\frac{w^2}{\log q}}\,\varphi_{3,3}(v,w,p,q,\mathrm{A})=\sqrt{-\frac{\pi}{\log q}}\,\varphi_{3,3}(v_1,\,iw_1,\,p_1,\,q_1,\,\mathrm{A}_1),$$

où

$$\log q.\,\log q_1'=\pi^2=\frac{\log p\log q-4\mathrm{A}^2}{\log p}\cdot\frac{\log p_1\log q_1-4\mathrm{A}_1^2}{\log p_1},$$

$$\log p_1=\frac{\log p\log q-4\mathrm{A}^2}{\log q},\qquad \log p=\frac{\log p_1\log q_1-4\mathrm{A}_1^2}{\log q_1},$$

$$\mathrm{A}_1=\frac{i\pi\mathrm{A}}{\log q},\qquad w_1=\frac{\pi w}{\log q},\qquad v_1=\frac{v\log q-2\mathrm{A}w}{\log q}$$

$$i\mathrm{A}=\frac{\pi\mathrm{A}_1}{\log q_1},\qquad w=\frac{\pi w_1}{\log q_1},\qquad v=\frac{v_1\log q_1-2i\mathrm{A}_1w_1}{\log q_1}.$$

En mettant enfin iv', iw', p', q', A' aux places de v, w, p, q, A dans le second théorème, et en le combinant dans cette forme au premier, on obtient le suivant :

THÉORÈME III.

$$(49)\qquad e^{f(v,w,p,q,\mathrm{A})}\,\varphi_{3,3}(v,w,p,q,\mathrm{A})=\frac{\pi}{\sqrt{\log p\log q-4\mathrm{A}^2}}\,\varphi_{3,3}(iv_1',iw_1',p_1',q_1',\mathrm{A}_1'),$$

où

$$\log p.\,\log p_1'=\log q.\,\log q_1'=\pi^2-4\mathrm{A}\mathrm{A}_1'$$

transmet la sommation aux limites en substituant dans le terme à l'indice m, $2x$ à la place de $2v'+2m\pi$. Il obtient alors pour cette somme la valeur

$$\frac{1}{2\pi}\int_{-\infty}^{+\infty}e^{x^2\frac{\log p}{\pi^2}}\cos 2nx\,dx=\frac{1}{\sqrt{-\log p}}\int_{-\infty}^{+\infty}e^{-x^2}\cos\left\{\frac{2n\pi x}{\sqrt{-\log p}}\right\}dx$$

$$=\sqrt{-\frac{\pi}{\log p}}\,e^{\frac{n^2\pi^2}{\log p}}$$

et par conséquent

$$e^{\frac{v^2}{\log p}}\,\vartheta_3(v,p)=\sqrt{-\frac{\pi}{\log p}}\left\{1+2\sum e^{\frac{n^2\pi^2}{\log p}}\cos 2nv'\right\}=\sqrt{-\frac{\pi}{\log p}}\,\vartheta(iv',p').$$

ou

$$\log p.\log p_1 + 4AA_1' = \log q.\log q_1' + 4AA_1' = \pi^2,\quad A\log p_1' + A_1'\log q = 0$$

$$(\log p\log q - 4A^2)(\log p_1'\log q_1' - 4A_1'^2) = \pi^2,\quad A\log q_1' + A_1'\log p = 0$$

$$\log p_1' = \frac{\pi^2\log q}{\log p\log q - 4A^2},\quad \log q_1' = \frac{\pi^2\log p}{\log p\log q - 4A^2},\quad A_1' = -\frac{\pi^2 A}{\log p\log q - 4A^2}$$

$$\log p = \frac{\pi^2\log q_1'}{\log p_1'\log q_1' - 4A_1'^2},\quad \log q = \frac{\pi^2\log p_1'}{\log p_1'\log q_1' - 4A_1'^2},\quad A = -\frac{\pi^2 A_1'}{\log p_1'\log q_1' - 4A_1'^2}$$

$$v_1' = \pi\frac{v\log q - 2Aw}{\log p\log q - 4A^2},\quad w_1' = \pi\frac{w\log p - 2Av}{\log p\log q - 4A^2},$$

$$v = \pi\frac{v_1'\log q_1' - 2A_1'w_1'}{\log p_1'.\log q_1' - 4A_1'^2},\quad w = \pi\frac{w_1'\log p_1' - 2A_1'v_1'}{\log p_1'\log q_1' - 4A_1'^2},$$

$$v_1' = \frac{v}{\pi}\log p_1' + 2A_1'\frac{w}{\pi},\qquad w_1' = \frac{w}{\pi}\log q_1' + 2A_1'\frac{1}{\pi}$$

$$v = \frac{v_1'}{\pi}\log p + 2A\frac{w_1'}{\pi},\qquad w = \frac{w_1'}{\pi}\log q + 2A\frac{v_1'}{\pi}$$

Comme $\frac{v_1'}{\pi}$, $\frac{w_1'}{\pi}$ sont les mêmes fonctions de v et w que celles que j'ai désignées ci-dessus par v et w, on voit que le dernier théorème donne en effet le développement de la formule (40) suivant les cosinus et les sinus des multiples de $2v\pi$ et de $2w\pi$.

Les formules des trois théorèmes précédents sont arrangées de manière qu'elles font voir que tous les trois permettent l'inversion. On y peut mettre, sans rien changer, pour $\log p$, $\log q$ leurs valeurs complètes $\log p + 2\mu i\pi$, $\log q + 2\mu' i\pi$ et même $\log p + (2\mu + 1)i\pi$, $\log q + (2\mu' + 1)i\pi$, si en même temps on met $v + \frac{i\pi}{2}$, $w + \frac{\pi i}{2}$ pour v, w; et $2A$ peut aussi dans toutes les formules précédentes être augmenté de $\nu i\pi$, sans qu'elles cessent d'être vraies, μ, μ', ν désignant des nombres entiers quelconques. En substituant donc dans les formules des trois théorèmes précédents $\log p + \mu i\pi$, $\log q + \mu' i\pi$, $2A + \nu i\pi$ pour p, q,

$2\mathrm{A}$, et en ayant égard à ce que l'on mette en même temps $v+\frac{i\pi}{2}$ pour v si μ est impair, et $w+\frac{i\pi}{2}$ pour w si μ' l'est, on en obtient des théorèmes plus généraux qui, répétés plusieurs fois, donnent toutes les formes différentes que peut prendre une même fonction $\varphi_{3,3}(v, w)$. Mais le temps me manque pour pouvoir traiter ici cette matière plus amplement, et je dois me borner aux formules données, dont, comme on le verra, on pourra se servir pour passer de la transformation analytique de la fonction $\varphi_{3,3}(v, w)$, qui dépend de la division de l'indice de période $i\pi$, aux autres qui dépendent des divisions des autres indices.

6.

La fonction $\varphi_{3,3}(v, w)$ a la propriété commune avec la fonction $\vartheta_3(v)$, que les puissances et les produits d'un nombre quelconque de ces fonctions peuvent être exprimés linéairement par des fonctions de la même forme, mais aux modules différents. Pour avoir ces expressions je forme le produit des n fonctions $\varphi_{3,3}(v+a_h, w+b_h)$ qui répondent aux n valeurs $1, 2, 3, \ldots n$ de l'indice h : si l'on désigne par

$\prod_{h=1}^{h=n} \mathrm{S}_h$ le produit $\mathrm{S}_1.\mathrm{S}_2.\mathrm{S}_3\ldots.\mathrm{S}_{n-1}.\mathrm{S}_n$, on obtient de l'équation

$$\varphi_{3,3}(v+a_h, w+b_h, p, q, \mathrm{A}) = \sum_{m=-\infty}^{m=+\infty} p^{m^2} e^{2m(v+a_h)}\, \vartheta_3\{w+b_h+2m\mathrm{A}, q\},$$

le produit cherché

$$\prod_{h=1}^{h=n} \varphi_{3,3}(v+a_h, w+b_h, p, q, \mathrm{A}) = \Sigma\left[p^{m_1^2+m_2^2+\ldots+m_n^2}\, e^{2(m_1+m_2+\ldots+m_n)v+2(m_1a_1+m_2a_2+\ldots+m_na_n)} \times \prod_{h=1}^{h=n} \vartheta_3\{w+b_h+2m_h\mathrm{A}, q\}\right]$$

où la somme doit être étendue à toutes les valeurs positives et négatives des n nombres entiers $m_1, m_2, \ldots, m_n$. La formation du produit cherché dépend donc de celle de cet autre

$$\prod_{h=1}^{h=n} \mathfrak{S}_3 \{ w + \alpha_h, q \}.$$

Pour l'exprimer comme fonction linéaire de transcendantes de la forme $\mathfrak{S}$, je me sers de la méthode élémentaire dont M. Jacobi a exposé le principe dans la lettre adressée à M. Hermite, mentionnée ci-dessus (voyez le Journal de mathématiques de M. Crelle, vol. XXXII, p. 176), et je dois avouer que c'est après la lecture de cette lettre que j'ai trouvé l'expression du produit dont il s'agit.

7.

On a

$$51) \quad \prod_{h=1}^{h=n} \mathfrak{S}_3 \{ w + \alpha_h, q \} = \Sigma\, q^{m_1^2 + m_2^2 + \ldots + m_n^2}\, e^{2(m_1 + m_2 + \ldots + m_n)w + 2(m_1\alpha_1 + m_2\alpha_2 +}$$

la somme devant être étendue à toutes les valeurs entières de $m_1, m_2, \ldots, m_n$. Soient maintenant $\mu_1, \mu_2, \ldots, \mu_n$ des nombres entiers quelconques mais assujettis à cette seule condition, que leur somme soit positive et moindre que n; soient de plus

$$52) \quad \begin{cases} \mu_1 + \mu_2 + \ldots + \mu_n = \Sigma\, \mu_h = a \\ \mu_1^2 + \mu_2^2 + \ldots + \mu_n^2 = \Sigma\, \mu_n^2 = g_a \\ \mu_1\alpha_1 + \mu_2\alpha_2 + \ldots + \mu_n\alpha_n = \Sigma\, \mu_h\, \alpha_h = h_a \end{cases}$$

on aura $a \geqq 0$, $a < n$ et, si l'on pose $m_h = \mu_h + b$

$$\begin{aligned} m_1 + m_2 + \ldots + m_n &= \Sigma\, m_h = a + nb \\ m_1^2 + m_2^2 + \ldots + m_n^2 &= \Sigma\, m_h^2 = g_a + 2a.nb + nb^2 \\ m_1\alpha_1 + m_2\alpha_2 + \ldots + m_n\alpha_n &= \Sigma\, m_h\alpha_h = h_a + bs \end{aligned}$$

où $\qquad s = \alpha_1 + \alpha_2 + \ldots + \alpha_n = \Sigma\, \alpha_h$

Par la substitution de ces valeurs, le second membre de l'équation (51) devient

$$\sum_{a=0}^{a=n-1} P_a e^{2aw} \sum_{b=-\infty}^{b=-\infty} q^{nb^2} e^{2b(nw+s+a\log q)} = \sum_{a=0}^{a=n-1} P_a e^{2aw} \Theta_3\{nw+s+a\log q, q^n\},$$

où

$$P_a = \Sigma_\mu q^{\mu_a} e^{2h_a} = \Sigma_\mu q^{\mu_1^2+\mu_2^2+\cdots+\mu_n^2} e^{2(\mu_1\alpha_1+\mu_2\alpha_2+\cdots+\mu_n\alpha_n)},$$

la dernière somme désignée par Σ_μ devant être étendue sur tous les systèmes de n nombres $\mu_1, \mu_2, \cdots, \mu_n$ dont la somme est égale à a. On trouve donc

$$(53) \quad \prod_{h=1}^{h=n} \Theta_3(w+\alpha_h, q) = \sum_{a=0}^{a=n-1} P_a e^{2aw} \Theta_3\{nw+s+a\log q, q^n\},$$

et en y mettant $w+\frac{k i\pi}{n}$ pour w

$$(54) \quad \prod_{h=1}^{h=n} \Theta_3\left\{w+\alpha_h+\frac{k i\pi}{n}, q\right\} = \sum_{a=0}^{a=n-1} P_a e^{\frac{2aki\pi}{n}} e^{2aw} \Theta_3\{nw+s+a\log q, q^n\}.$$

Cette formule représente un système de n équations linéaires par rapport aux n fonctions $\Theta_3\{nw+s+a\log q, q^n\}$, ces équations répondant aux n valeurs de k : $0, 1, 2, \cdots, n-1$, et le système des n équations inverses, d'après les propriétés connues des racines de l'unité, sera compris dans la formule

$$(55) \quad n P_a e^{2aw} \Theta_3\{nw+s+a\log q, q^n\} = \sum_{k=0}^{k=n-1} e^{-\frac{2aki\pi}{n}} \prod_{h=1}^{h=n} \Theta_3\left\{w+\alpha_h+\frac{ki\pi}{a}, q\right\}.$$

En y faisant $w=0$ ou égal à une autre valeur constante, on a les coefficients P_a exprimés par des fonctions Θ aux arguments constants.

Au moyen de la formule

$$(56)\qquad n\,q^{a^2}\,e^{2aw}\,\Theta_3\{nw+a\,n\log q,\,q^{n^2}\}=\sum_{m=0}^{m=n-1}e^{-\frac{2am\iota\pi}{n}}\,\Theta_3\Big(w+\frac{m\iota\pi}{n},\,q\Big)$$

qui résulte de la définition même de la série $\Theta_3(w)$ et qui peut être mise sous la forme

$$(57)\qquad n\,q^{\frac{a^2}{n}}\,e^{2aw}\,\Theta_3\{nw+a\log q,\,q^n\}=\sum_{m=0}^{m=n-1}e^{-\frac{2am\iota\pi}{n}}\,\Theta_3\Big\{w+\frac{m\iota\pi}{n},\,q^{\frac{1}{n}}\Big\},$$

l'équation (53) devient

$$(58)\qquad n\prod_{h=1}^{h=n}\Theta_3\{w+\alpha_h,\,q\}=\sum_{m=0}^{m=n-1}Q_m\,\Theta_3\Big\{w+\frac{s}{n}+\frac{m\iota\pi}{n},\,q^{\frac{1}{n}}\Big\}$$

où

$$Q_m=\sum_{a=0}^{a=n-1}e^{-\frac{2am\iota\pi}{n}}\,q^{-\frac{a^2}{n}}e^{-\frac{2as}{n}}\,P_a;$$

et en y mettant $w+\frac{k}{n}\log q$ à la place de w on obtient pour les n valeurs $0,\ 1,\ 2,\ \ldots,\ n-1$ de k, n équations de la forme

$$(59)\qquad n\prod_{h=1}^{h=n}\Theta_3\{w+\alpha_h+\frac{k^2}{n}\log q,\,q\}=\sum_{m=0}^{m=n-1}Q_m\,q^{-\frac{k^2}{n}}e^{-2k\frac{nw+s}{n}}e^{-\frac{2km\iota\pi}{n}}\,\Theta_3\Big\{w+\frac{s}{n}+\frac{m\iota\pi}{n},\,q$$

dont les n équations inverses sont comprises dans celle-ci :

$$(60)\qquad Q_m\,\Theta_3\Big\{w+\frac{s}{n}+\frac{m\iota\pi}{n},\,q^{\frac{1}{n}}\Big\}=\sum_{k=0}^{k=n-1}e^{\frac{2km\iota\pi}{n}}\,q^{\frac{k^2}{n}}e^{2k\frac{nw+s}{n}}\prod_{h=1}^{h=n}\Theta_3\Big\{w+\alpha_h+\frac{k\log q}{n},\,q\Big\}:$$

d'où l'on peut tirer les valeurs des coefficients constants Q_m exprimées par des fonctions Θ_3 aux arguments constants.

On peut aussi parvenir aux dernières formules à l'aide de l'équation

$$\Theta(w',q')=\sqrt{-\frac{\log q}{\pi}}\,e^{\frac{w^2}{\log q}}\,\Theta_3(w,q),$$

où

$$w' = -\frac{i\pi w}{\log q}, \quad \log q \log q' = \pi^2.$$

En transformant au moyen de cette formule l'équation

$$\prod_{h=1}^{h=n} \vartheta_3\{w' + \alpha'_h, q'\} = \sum_{m=0}^{m=n-1} P'_m e^{2mw'} \vartheta_3\{nw' + s' + m\log q', q'^n\},$$

où

$$\alpha_h' = -\frac{i\pi\alpha_h}{\log q}, \quad \Sigma\alpha'_h = s', \quad \Sigma\mu_h\alpha'_h = h'_m, \quad \Sigma\mu_h^2 = g_m, \quad \Sigma\mu_h = m,$$

$$P_m' = \Sigma_\mu e^{g_m \log q' + 2h_m'},$$

on obtient

$$n \cdot \prod_{h=1}^{h=n} \vartheta_3\{w + \alpha_h, q\} = \sum_{m=0}^{m=n-1} Q_m \vartheta_3\{w + \frac{s}{n} + \frac{mi\pi}{n}, q^{\frac{1}{n}}\}$$

et

$$Q_m = n^{\frac{1}{2}} \left\{\frac{-\pi}{\log q}\right\}^{\frac{n-1}{2}} \Sigma_\mu e^{\frac{b_m^2 - nc_m}{n\log q}},$$

où

$$c_m = \sum_{h=1}^{h=n} (\alpha_h + \mu_h i\pi)^2, \quad b_m = s + mi\pi = \Sigma(\alpha_h + \mu_h i\pi),$$

et où la somme désignée par Σ_μ doit être étendue sur toutes les valeurs entières de $\mu_1, \mu_2 \cdots, \mu_h$, qui satisfont à l'équation $\Sigma\mu_h = m$. Cette expression est moins compliquée que celle que nous avons trouvée ci-dessus.

8.

Au moyen de ces relations entre les fonctions ϑ_3 on déduit sans peine les relations analogues entre les fonctions plus géné-

rales $\varphi_{\alpha,\beta}(v,w)$ en faisant précisément le même raisonnement que celui qui a conduit à celles-là.

On trouve de cette manière d'abord la formule

$$(61)\qquad \prod_{h=1}^{h=n} \varphi_{\alpha,\beta}\{v+a_h,\ w+b_h,\ p,\ q,\ \mathrm{A}\}$$

$$= \sum_{\varepsilon=0}^{\varepsilon=n-1} \sum_{\gamma=0}^{\gamma=n-1} \mathrm{A}_{\varepsilon,\gamma}\, e^{2\varepsilon v - 2\gamma w}\, \varphi_{\alpha,\beta}\{nv+\Sigma a_h+\varepsilon\log p+2\gamma\mathrm{A}),(nw+\Sigma b_h+2\varepsilon\mathrm{A}-\gamma\log q),p^n,q^n$$

qui répond à la relation (53) établie entre les fonctions $\Theta_1(w,q)$ et $\Theta_3(nw,q^n)$ et où

$$(62)\qquad \mathrm{A}_{\varepsilon,\gamma} = \Sigma_{\mu,\nu}\, e^{\sum_{h=1}^{h=n}\{\mu_h^2\log p+\nu_h\log q+4\mathrm{A}\mu_h\nu_h+2\mu_h a_h+\nu_h b_h\}},$$

la sommation désignée par $\Sigma_{\mu,\nu}$ devant être étendue sur toutes les valeurs entières de $\mu_1, \mu_2, \cdots, \mu_n, \nu_1, \nu_2, \cdots, \nu_n$ qui satisfont aux conditions

$$\mu_1+\mu_2+\cdots+\mu_n=\varepsilon \qquad \nu_1+\nu_2+\cdots+\nu_n=\gamma.$$

A l'aide des trois théorèmes que nous venons de trouver sur les fonctions $\varphi_{\alpha,\beta}$ aux modules complémentaires p,q,A et p',q',A'; p,q,A et p_1,q_1,A_1; p,q,A et p'_1,q'_1,A'_1; ou bien au moyen des équations

$$(63)\qquad \sum_{k=0}^{k=n-1} e^{-\frac{2k\varepsilon i\pi}{n}}\, \varphi_{\alpha,\beta}\{v-\tfrac{ki\pi}{n},\ nw,\ p_n^{\frac{1}{n}},\ q^n\ \mathrm{A}\}$$

$$= np^{\varepsilon^2}\, e^{2\varepsilon v}\, \varphi_{\alpha,\beta}\{nv+\varepsilon\log p,\ nw+2\varepsilon\mathrm{A},\ p^n,\ q^n,\ n\mathrm{A}\}$$

$$(64)\qquad \sum_{l=0}^{l=n-1} e^{-\frac{2l\gamma i\pi}{n}}\, \varphi_{\alpha,\beta}\{nv,\ w+\tfrac{li\pi}{n},\ p^n,\ q^{\frac{1}{n}},\ \mathrm{A}\} =$$

$$= nq^{\gamma^2} e^{2\gamma w}\, \varphi_{\alpha,\beta}\{nv+2\gamma\mathrm{A},\ nw+\gamma\log q,\ p^n,\ q^n,\ n\mathrm{A}\}$$

$$(65)\qquad \sum_{k=0}^{k=n-1}\sum_{l=0}^{l=n-1} e^{-\frac{k\varepsilon+l\gamma}{n}2i\pi}\, \varphi_{\alpha,\beta}\{v-\tfrac{ki\pi}{n},\ w+\tfrac{li\pi}{n},\ p^{\frac{1}{n}},\ q^{\frac{1}{n}},\ \tfrac{\mathrm{A}}{n}\}$$

$$= np^{\varepsilon^2} e^{2\varepsilon(v+\gamma\mathrm{A})}\, q^{\gamma^2} e^{2\gamma(w+\varepsilon\mathrm{A})}\, \varphi_{\alpha,\beta}\{nv+\varepsilon\log p+2\gamma\mathrm{A},\ nw+2\varepsilon\mathrm{A}+\gamma\log q,\ p^n,\ q^n,\ n\mathrm{A}\},$$

qui résultent de la définition même de la fonction $\varphi_{\alpha,\beta}$, on a de l'équation (61) les trois suivantes :

$$(66)\quad \prod_{h=1}^{h=n} \varphi_{\alpha,\beta}\{(v+a_h),\ (w+b_h),\ p,\ q,\ \mathrm{A}\} = \sum_{k=0}^{k=n-1}\sum_{l=0}^{l=n-1} \mathrm{B}_{k,l}\,\varphi_{\alpha,\beta}\left\{\left[v+\frac{\Sigma a_h}{n}+\frac{k i\pi}{n}\right],\ \left[w+\frac{\Sigma b_h}{n}+\frac{l i\pi}{n}\right],\ p^{\frac{1}{n}},\ q^{\frac{1}{n}},\ \frac{\mathrm{A}}{n}\right\},$$

$$(67)\quad \prod_{h=1}^{h=n} \varphi_{\alpha,\beta}\{(v+a_h),\ w+b_h),\ p,\ q,\ \mathrm{A}\} = \sum_{k=0}^{k=n-1}\sum_{\gamma=0}^{\gamma=n-1} \mathrm{C}_{k,\gamma}\,e^{2\gamma\omega}\,\varphi_{\alpha,\beta}\left\{\left[v+\frac{\Sigma a_h}{n}+\frac{k i\pi}{n}+\frac{2\gamma\mathrm{A}}{n}\right],\ [nw+\Sigma b_h+\gamma\log q],\ p^{\frac{1}{n}},\ q^{n},\ \mathrm{A}\right\},$$

$$(68)\quad \prod_{h=1}^{h=n} \varphi_{\alpha,\beta}\{(v+a_h),\ (w+b_h),\ p,\ q,\ \mathrm{A}\} = \sum_{\beta=0}^{\beta=n-1}\sum_{l=0}^{l=n-1} \mathrm{D}_{\beta,l}\,e^{2\beta v}\,\varphi_{\alpha,\beta}\left\{[nv+\Sigma a_h+\beta\log q],\ \left[w+\frac{\Sigma b_h}{n}+\frac{l i\pi}{n}+\frac{2\beta\mathrm{A}}{n}\right],\ p^{n},\ q^{\frac{1}{n}},\ \mathrm{A}\right\};$$

où $\mathrm{B}_{k,l}$, $\mathrm{C}_{k,\gamma}$, $\mathrm{D}_{\beta,l}$ sont des constantes qui dépendent des modules p, q, A et des $2n$ incréments a_h, b_h des arguments v et w. On en obtient les expressions sous deux formes différentes : l'une, qui est linéaire en $\mathrm{A}_{\beta,\gamma}$, est trouvée si l'on se sert des équations (63), (64), (65), pour parvenir de la formule (61) aux trois équations (66), (67), (68); l'autre, qui est plus resserrée, résulte si l'on y fait usage des trois théorèmes (47), (48), (49). Mais, pour ne pas embarrasser le raisonnement par plus de formules encore, nous supprimons ici plusieurs de ces expressions, d'autant plus que nous préférons exprimer les constantes $\mathrm{B}_{k,l}$, $\mathrm{C}_{k,\gamma}$, $\mathrm{D}_{\beta,l}$ par des fonctions $\varphi_{\alpha,\beta}$, aux arguments constants.

Pour abréger les formules, je mets:

$$v+\frac{k i\pi}{n}=v_k,\qquad v+\frac{\beta\log p}{n}=v'_\beta,\qquad v+\frac{2\gamma A}{n}=v''_\gamma,$$

$$w+\frac{li\pi}{n}=w_l,\qquad w+\frac{2\beta A}{n}=w'_\beta,\qquad w+\frac{\gamma\log q}{n}=w''_\gamma,$$

$$v+\frac{k i\pi}{n}+\frac{\beta\log p}{n}=v_{k,\beta},\qquad v+\frac{k i\pi}{n}+\frac{2\gamma A}{n}=v'_{k,\gamma},$$

$$w+\frac{li\pi}{n}+\frac{2\beta A}{n}=w_{l,\beta},\qquad w+\frac{li\pi}{n}+\frac{\gamma\log q}{n}=w'_{l,\gamma},$$

$$v+\frac{\beta\log p}{n}+\frac{2\gamma A}{n}=v''_{\beta,\gamma},$$

$$w+\frac{2\beta A}{n}+\frac{\gamma\log q}{n}=w''_{\beta,\gamma}.$$

En substituant pour v, w dans l'équation (61) v_k, w_l; dans l'équation (66) $v''_{\beta,\gamma}$, $w''_{\beta,\gamma}$; dans l'équation (67) v'_β, $w_{l,\beta}$; dans l'équation (68) $v'_{k,\gamma}$, w''_γ, on obtient les quatre que voici :

$$(69)\quad \prod_{h=1}^{h=n}\varphi_{3,3}\{(v_k+a_h),\ (w_l+b_h),\ p,\ q,\ A\}$$
$$=\Sigma_\beta\Sigma_\gamma\, e^{\frac{\delta k+\gamma l}{n}2i\pi}\,A_{\beta,\gamma}\,e^{2\beta v+2\gamma w}\varphi_{3,3}\{[nv''_{\beta,\gamma}+\Sigma a_h],\ [nw''_{\beta,\gamma}+\Sigma b_h],p^n,\ q^n,\ nA\},$$

$$(70)\quad p^{\frac{\delta^2}{n}}q^{\frac{\gamma^2}{n}}e^{\frac{\delta\gamma A}{n}+2\beta\left(v+\frac{\Sigma a_h}{n}\right)+2\gamma\left(w+\frac{\Sigma b'_h}{n}\right)}\prod_{h=1}^{h=n}\varphi_{3,3}\{[v''_{\beta,\gamma}+a_h],[w''_{\beta,\gamma}+b_h],p,q,A\}$$
$$=\Sigma_k\Sigma_l e^{-\frac{k\delta+l\gamma}{n}2i\pi}\,B_{k,l}\,\varphi_{3,3}\left\{\left[v_k+\frac{\Sigma a_h}{n}\right],\ \left[w_l+\frac{\Sigma b_h}{n}\right],\ p^{\frac{1}{n}},\ q^{\frac{1}{n}},\ \frac{A}{n}\right\},$$

$$(71)\quad p^{\frac{\delta^2}{n}}e^{2\delta\left(v+\frac{\Sigma a_h}{n}\right)}\prod_{h=1}^{h=n}\varphi_{3,3}\left\{\left[v'_\beta+a_h\right],\ \left[w_{l,\beta}+b_h\right],\ p,\ q,\ A\right\}$$
$$=\Sigma_k\Sigma_\gamma\, e^{\frac{\gamma l-k\delta}{n}2i\pi}\,C_{k,\gamma}\,e^{2\gamma w}\varphi_{3,3}\left\{\left[v'_{k,\gamma}+\frac{\Sigma a_h}{n}\right],\ \left[nw''_\gamma+\Sigma b_h\right],\ p^{\frac{1}{n}},\ q^n,A\right\}$$

$$(72)\quad q^{\frac{v^2}{n}} e^{2v\left(w+\frac{\Sigma b_h}{n}\right)} \prod_{h=1}^{h=n} \varphi_{3,3}\left\{\left[v'_{k,\gamma}+a_h\right],\ \left[w''_{\gamma}+b_h\right],\ p,\ q,\ \mathrm{A}\right\}$$

$$= \Sigma_\beta \Sigma_l\, e^{\frac{nk-l^2}{n}\,2i\pi}\, \mathrm{D}_{\beta,l}\, e^{2\beta v}\, \varphi_{3,3}\left\{\left[nv'_{\beta}+\Sigma a_h\right],\ \left[w_{l,\beta}+\frac{\Sigma b_h}{n}\right], p^n,\ q^{\frac{1}{n}},\ \mathrm{A}\right\}.$$

Chacune de ces formules représente un système de n^2 équations, qui répondent aux valeurs 0, 1, 2, . . . , $n-1$ de k et de l; de β et de γ; de β et de l; de k et de γ; et qui sont linéaires: les n^2 équations du premier système à l'égard des n^2 quantités,

$$\varphi_{3,3}\left\{\left[nv''_{\beta,\gamma}+\Sigma a_h\right],\ \left[nw''_{\beta,\gamma}+\Sigma b_h\right],\ p^n,\ q^n,\ n\mathrm{A}\right\},$$

celles du second à l'égard des n^2 quantités,

$$\varphi_{3,3}\left\{\left[v_k+\frac{\Sigma a_h}{n}\right],\ \left[w_l+\frac{\Sigma b_h}{n}\right], p^{\frac{1}{n}},\ q^{\frac{1}{n}},\ \frac{\mathrm{A}}{n}\right\},$$

celles du troisième à l'égard des n^2 quantités,

$$\varphi_{3,3}\left\{\left[v'_{k,\gamma}+\frac{\Sigma a_h}{n}\right],\ \left[nw''_{\gamma}+\Sigma b_h\right],\ p^{\frac{1}{n}},\ q^n,\ \mathrm{A}\right\},$$

celles du quatrième enfin à l'égard des n^2 quantités,

$$\varphi_{3,3}\left\{\left[nv'_{\beta}+\Sigma a_h\right],\ \left[w_{l,\beta}+\frac{\Sigma b_h}{n}\right], p^n,\ q^{\frac{1}{n}},\ \mathrm{A}\right\}.$$

En les résolvant par rapport à ces quantités, on obtient:

$$n^2\mathrm{A}_{\beta,\gamma}\, e^{2\beta v+2\gamma w}\, \varphi_{3,3}\left\{\left[nv''_{\beta,\gamma}+\Sigma a_h\right],\ \left[nw''_{\beta,\gamma}+\Sigma b_h\right], p^n, q^n, n\mathrm{A}\right\}$$
$$= \Sigma_k \Sigma_l\, e^{-\frac{k\delta+l\gamma}{n}\,2i\pi} \prod_{h=1}^{h=n} \left\{\left[v_k+a_h\right],\ \left[w_l+b_h\right],\ p,\ q,\ \mathrm{A}\right\}$$

$$n^2\mathrm{B}_{k,l}\, \varphi_{3,3}\left\{\left[v_k+\frac{\Sigma a_h}{n}\right],\ \left[w_l+\frac{\Sigma b_h}{n}\right],\ p^{\frac{1}{n}},\ q^{\frac{1}{n}},\ \frac{\mathrm{A}}{n}\right\}$$
$$= \Sigma_\beta \Sigma_\gamma\, p^{\frac{\beta^2}{n}} q^{\frac{\gamma^2}{n}} e^{4\beta\gamma\frac{\mathrm{A}}{n}+2\beta\left(v_k+\frac{\Sigma a_h}{n}\right)+2\gamma\left(w_l+\frac{\Sigma b_h}{n}\right)} \prod_{h=1}^{h=n} \varphi_{3,3}\left\{\left[v''_{\beta,\gamma}+a_h\right],\ \left[w''_{\beta,\gamma}+b_h\right], p, q, \mathrm{A}\right\},$$

$$(75)\quad n^2 C_{k,\gamma}\, e^{2\gamma u}\, \varphi_{\beta,\delta}\left\{\left[v'_{k,\gamma}+\frac{\Sigma a_h}{n}\right],\ \left[nw''_{\gamma}+\Sigma b_h\right], p^{\frac{1}{n}},\ q^n,\ \mathrm{A}\right\}$$

$$= \Sigma_\beta \Sigma_l\, e^{\frac{\delta k-\beta l}{n}\,2i\pi}\, p^{\frac{\delta^2}{n}}\, e^{2\beta\left(v+\frac{\Sigma a_h}{n}\right)} \prod_{h=1}^{h=n} \varphi_{\beta,\delta}\left\{\left[v'_{\beta}+a_h\right],\left[w_{l,\beta}+b_h\right], p, q, \mathrm{A}\right\},$$

$$(76)\quad n^2 \mathrm{D}_{\beta,l}\, e^{2\beta v}\, \varphi_{\gamma,\delta}\left\{\left[nv'_{\beta}+\Sigma a_h\right],\ \left[w_{l,\beta}+\frac{\Sigma b_h}{n}\right], p^n,\ q^{\frac{1}{n}},\ \mathrm{A}\right\}$$

$$= \Sigma_k \Sigma_\gamma\, e^{-\frac{k\delta-\gamma l}{n}\,2i\pi}\, q^{\frac{\gamma^2}{n}}\, e^{2\gamma\left(w+\frac{\Sigma b_h}{n}\right)} \prod_{h=1}^{h=n} \varphi_{\gamma,\delta}\left\{\left[v'_{k,\gamma}+a_h\right],\left[w''_{\gamma}+b_h\right], p, q, \mathrm{A}\right\}.$$

Ces équations donnent les valeurs des constantes $\mathrm{A}_{\beta,\gamma}$, $\mathrm{B}_{k,l}$, $\mathrm{C}_{k,\gamma}$, $\mathrm{D}_{\beta,l}$ exprimées par des fonctions $\varphi_{\gamma,\delta}$ aux arguments constants; elles sont en même temps la source des formules des transformations et de celles de la multiplication des intégrales ultra-elliptiques de la première classe, tandis que des équations inverses (69), (70), (71), (72) découlent des formules pour les transformations inverses et pour la division des mêmes intégrales.

CHAPITRE III.

DES FONCTIONS À QUATRE PÉRIODES, QUI SONT LES INVERSES DES INTÉGRALES ULTRA-ELLIPTIQUES DE LA PREMIÈRE CLASSE.

1.

Pour abréger les formules suivantes, j'introduirai des signes particuliers pour les quinze fonctions que l'on obtient de $\varphi_{\gamma,\delta}(v,w)$ si l'on y fait varier les deux arguments v et w des moitiés des quatre paires d'indices de période $i\pi$ et 0; 0 et $i\pi$; $\log p$ et $2\mathrm{A}$; $2\mathrm{A}$ et $\log q$, dont les deux premières appartiennent aux deux périodes de $\varphi_{\gamma,\delta}(v,w)$, les deux autres à celles de $e^{f(v,w)}\varphi_{\gamma,\delta}(v,w)$.

Conformément à la signification adoptée pour les fonctions $\Theta(v)$, je mettrai

$$
\left\{
\begin{aligned}
\varphi_{0,r}(v,w) &= \sum_{m=-\infty}^{m=+\infty} p^{m^2} e^{2mv}\, \Theta_r(w+2m\mathrm{A}, q),\\
\varphi_{r,3}(v,w) &= \sum_{n=-\infty}^{n=+\infty} q^{n^2} e^{2nw}\, \Theta_r(v+2n\mathrm{A}, p),\\
\varphi_{0,r}(v,w) &= \sum_{m=-\infty}^{m=+\infty} (-1)^m p^{m^2} e^{2mv}\, \Theta_r(w+2m\mathrm{A}, q),\\
\varphi_{1,0}(v,w) &= \sum_{n=-\infty}^{n=+\infty} (-1)^n q^{n^2} e^{2nw}\, \Theta_r(v+2n\mathrm{A}, p),\\
\varphi_{1,r}(v,w) &= \sum_{m=-\infty}^{m=+\infty} p^{\frac{(2m+1)^2}{4}} e^{(2m+1)v}\, \Theta_r\{w+(2m+1)\mathrm{A}, q\},\\
\varphi_{r,2}(v,w) &= \sum_{n=-\infty}^{n=+\infty} q^{\frac{(2n+1)^2}{4}} e^{(2n+1)w}\, \Theta_r\{v+(2n+1)\mathrm{A}, p\},\\
\varphi_{1,r}(v,w) &= \Sigma(-1)^m p^{\frac{(2m+1)^2}{4}} e^{(2m+1)v}\, \Theta_r\{w+(2m+1)\mathrm{A}, q\},\\
\varphi_{r,1}(v,w) &= \Sigma(-1)^n q^{\frac{(2n+1)^2}{4}} e^{(2n+1)w}\, \Theta_r\{v+(2n+1)\mathrm{A}, p\},
\end{aligned}
\right. \tag{77}
$$

où r désigne un quelconque des quatre indices 0, 1, 2, 3, et où l'on doit mettre le signe Θ sans indice à la place de Θ_0. En désignant encore par s un des quatre indices 0, 1, 2, 3, on a, d'après la définition de $\varphi_{r,s}(v, w)$ donnée par les formules (77),

$$
\varphi_{r,s}(v, w, p, q, \mathrm{A}) = \varphi_{s,r}(w, v, q, p, \mathrm{A}), \tag{78}
$$

$$
\left\{
\begin{aligned}
\varphi_{r,3}\{v, w+\tfrac{2m+1}{2} i\pi\} &= \varphi_{r,0}(v,w),\\
\varphi_{r,0}\{v, w+\tfrac{2m+1}{2} i\pi\} &= \varphi_{r,3}(v,w),\\
\varphi_{r,2}\{v, w+\tfrac{2m+1}{2} i\pi\} &= (-1)^{\frac{2m+1}{2}} \varphi_{r,1}(v, w),\\
\varphi_{r,1}\{v, w+\tfrac{2m+1}{2} i\pi\} &= (-1)^{\frac{2m+1}{2}} \varphi_{r,2}(v, w),
\end{aligned}
\right. \tag{79}
$$

$$
(80)\quad
\begin{cases}
e^{\frac{\left\{w+\frac{2m+1}{2}\log q\right\}^2}{\log q}}\,\vartheta_{r,3}\left\{\left[v+\frac{2m+1}{2}2\mathrm{A}\right],\left[w+\frac{2m+1}{2}\log q\right]\right\}=e^{\frac{u^2}{\log q}}\,\vartheta_{r,3}(v,w),\\
e^{\frac{\left\{w+\frac{2m+1}{2}\log q\right\}^2}{\log q}}\,\vartheta_{r,2}\left\{\left[v+\frac{2m+1}{2}2\mathrm{A}\right],\left[w+\frac{2m+1}{2}\log q\right]\right\}=e^{\frac{u^2}{\log q}}\,\vartheta_{r,2}(v,w),\\
e^{\frac{\left\{w+\frac{2m+1}{2}\log q\right\}^2}{\log q}}\,\vartheta_{r,0}\left\{\left[v+\frac{2m+1}{2}2\mathrm{A}\right],\left[w+\frac{2m+1}{2}\log q\right]\right\}=(-1)^m e^{\frac{u^2}{\log q}}\,\vartheta_{r,1}(v,w),\\
e^{\frac{\left\{w+\frac{2m+1}{2}\log q\right\}^2}{\log q}}\,\vartheta_{r,1}\left\{\left[v+\frac{2m+1}{2}2\mathrm{A}\right],\left[w+\frac{2m+1}{2}\log q\right]\right\}=-(-1)^m e^{\frac{u^2}{\log q}}\,\vartheta_{r,0}(v,w).
\end{cases}
$$

Ces formules montrent qu'une quelconque des seize fonctions $\vartheta_{r,s}(v,w)$ a la forme $e^{\alpha+\beta v+\gamma w}\vartheta_{s,s}(v,w)$, et que, par conséquent, toutes les seize sont comprises dans cette formule :

$$
\vartheta_{r,s}(v,w,p,q,\mathrm{A})=\sum_{m=-\infty}^{m=+\infty}\sum_{n=-\infty}^{n=+\infty} e^{m^2\log p+n^2\log q+4mn\mathrm{A}+2ma_{r,s}+2nb_{r,s}+c_{r,s}}
$$

où $a_{r,s}$, $b_{r,s}$, $c_{r,s}$, sont des fonctions linéaires de v et de w aisées à déterminer pour les différentes valeurs de r et s, d'après la définition donnée pour $\vartheta_{r,s}(v,w)$.

Toutes les propositions que nous venons de démontrer sur la fonction $\vartheta_{3,3}(v,w)$ ont donc également lieu pour les quinze autres fonctions $\vartheta_{r,s}(v,w)$; et, pour avoir des formules concernant les dernières, on doit seulement varier dans celles que nous avons établies entre les fonctions de la forme $\vartheta_{s,s}(v,w)$, les deux arguments v et w des moitiés des quatre paires d'indices conjugués (de période) et de toutes les combinaisons de ces moitiés.

Si l'on désigne par M la somme de multiples entiers quelconques des quatre indices de période appartenant à l'argument v, savoir : $i\pi$, 0 ; $\log p$, $2\mathrm{A}$; et par N la somme des mêmes multiples

des indices conjugués de l'argument w, savoir : o, $i\pi$; 2A, $\log q$; on voit par la définition de $\varphi_{r,s}(v, w)$, que l'on a

$$\varphi_{r,s}(v+\mathrm{M},\ w+\mathrm{N}) = \pm e^{\alpha+\beta v+\gamma w}\,\varphi_{r,s}(v, w),$$

où α, β, γ, sont des constantes qui ne dépendent que de M et de N, et sont, par conséquent, les mêmes pour toutes les valeurs de r et de s, et que par conséquent le carré du quotient de deux quelconques des seize fonctions $\varphi_{r,s}(v, w)$ est une fonction de v et de w à quatre périodes aux paires d'indices conjugués,

$$i\pi \text{ et } o;\ o \text{ et } i\pi;\ \log p \text{ et } 2\mathrm{A};\ 2\mathrm{A} \text{ et } \log q.$$

2.

Dans le chapitre premier nous avons trouvé l'équation

$$(81)\quad \begin{aligned}&\Theta_2(w)\,\Theta_3(w')\,\Theta_3(w'')\,\Theta_3(w''') + \Theta_2(w)\,\Theta_2(w')\,\Theta_2(w'')\,\Theta_2(w''')\\ &= \Theta_3(w_1)\,\Theta_3(w_1')\,\Theta_3(w_1'')\,\Theta_3(w_1''') + \Theta_2(w_1)\,\Theta_2(w_1')\,\Theta_2(w_1'')\,\Theta_2(w_1''')\end{aligned}$$

où

$$(82)\quad \begin{cases} 2w_1 = w + w' + w'' + w''' \\ 2w_1' = w + w' - w'' - w''' \\ 2w_1'' = w - w' + w'' - w''' \\ 2w_1''' = w - w' - w'' + w''' \end{cases}$$

La démonstration de cette proposition était fondée sur la propriété des quatre quantités w_1, w_1', w_1'', w_1''' de satisfaire à l'équation

$$(83)\qquad w_1^2 + w_1'^2 + w_1''^2 + w_1'''^2 = w^2 + w'^2 + w''^2 + w'''^2;$$

car ayant

$$e^{\frac{w^2+w'^2+w''^2+w'''^2}{\log q}}\{\mathfrak{S}_3(w)\mathfrak{S}_3(w')\mathfrak{S}_3(w'')\mathfrak{S}_3(w''')+\mathfrak{S}_2(w)\mathfrak{S}_2(w')\mathfrak{S}_2(w'')\mathfrak{S}_2(w''')\}$$

$$=\Sigma e^{\frac{1}{\log q}\{(w+m\log q)^2+(w'+m'\log q)^2+(w''+m''\log q)^2+(w'''+m'''\log q)^2\}}$$

$$+\Sigma e^{\frac{1}{\log q}\left\{\left(w+\frac{2m+1}{2}\log q\right)^2+\left(w'+\frac{2m'+1}{2}\log q\right)^2+\left(w''+\frac{2m''+1}{2}\log q\right)^2+\left(w'''+\frac{2m'''+1}{2}\log q\right)^2\right\}}$$

on pouvait transformer tous les exposants du second nombre de cette équation, au moyen des formules (82) et (83), sans qu'ils changeassent de forme.

C'est au moyen des mêmes formules que l'on trouve les relations analogues entre les fonctions $\varphi_{r,s}(v,w)$.

Soient

$$\begin{aligned}
2v_1 &= v+v'+v''+v''', & 2w_1 &= w+w'+w''+w''',\\
2v_1' &= v+v'-v''-v''', & 2w_1' &= w+w'-w''-w''',\\
2v_1'' &= v-v'+v''-v''', & 2w_1'' &= w-w'+w''-w''',\\
2v_1''' &= v-v'-v''+v''', & 2w_1''' &= w-w'-w''+w''';
\end{aligned}$$

soient de plus

$$\begin{aligned}
\mathrm{M} &= \varphi_{3,3}(v,w)\,\varphi_{3,3}(v',w')\,\varphi_{3,3}(v'',w'')\,\varphi_{3,3}(v''',w''')\\
&\quad+\varphi_{3,2}(v,w)\,\varphi_{3,2}(v',w')\,\varphi_{3,2}(v'',w'')\,\varphi_{3,2}(v''',w''')\\
\mathrm{M}' &= \varphi_{2,3}(v,w)\,\varphi_{2,3}(v',w')\,\varphi_{2,3}(v'',w'')\,\varphi_{2,3}(v''',w''')\\
&\quad+\varphi_{2,2}(v,w)\,\varphi_{2,2}(v',w')\,\varphi_{2,2}(v'',w'')\,\varphi_{2,2}(v''',w''')
\end{aligned}$$

et M_1, M_1' les mêmes fonctions de v_1, w_1; v_1', w_1'; v_1'', w_1''; v_1''', w_1'''; que M et M′ sont des arguments v,w sans indices inférieurs; comme on a

$$e^{\frac{v^2}{\log p}}\varphi_{r,s}(v,w)=\sum_{m=-\infty}^{m=+\infty}e^{\frac{(v+m\log p)^2}{\log p}}\mathfrak{S}_r\{w+2mA,\ q\}$$

$$e^{\frac{v^2}{\log p}}\varphi_{2,r}(v,w)=\sum_{m=-\infty}^{m=+\infty}e^{(v+\frac{2m+1}{2}\log p)^2}\Theta_r\{w+(2m+1)\Lambda,\ q\};$$

on trouve précisément par le même raisonnement que celui dont nous nous sommes servis pour déduire l'équation (81) [et au moyen de cette équation même], que l'expression $M+M'$ ne change pas de valeur, si l'on y met pour les arguments v, w, v', w', v'', w'', v''', w''' suivant leur ordre, les arguments v_1, w_1, v_1', w_1', v_1'', w_1'', v_1''', w_1''', ou que l'on a

$$M+M'=M_1+M_1'. \tag{84}$$

Mettons encore

$$M=\varphi_{1,3}(v,w)\varphi_{1,3}(v',w')\varphi_{1,3}(v'',w'')\varphi_{1,3}(v''',w''')+\varphi_{1,2}(v,w)\varphi_{1,2}(v',w')\varphi_{1,2}(v'',w'')\varphi_{1,2}(v''',w'''),$$

$$M'=\varphi_{0,3}(v,w)\varphi_{0,3}(v',w')\varphi_{0,3}(v'',w'')\varphi_{0,3}(v''',w''')+\varphi_{0,2}(v,w)\varphi_{0,2}(v',w')\varphi_{0,2}(v'',w'')\varphi_{0,2}(v''',w''),$$

et désignons par M_1'', M_1''' les mêmes fonctions des arguments v_1, w_1; v_1', w_1'; v_1'', w_1''; v_1''', w_1''', on aura

$$(84)\quad\begin{cases}1;\ M+M'=M_1+M_1', & 2;\ M''-M'''=M_1''-M_1'''\\ 3;\ M-M'=M_1''+M_1''', & 4;\ M''+M'''=M_1-M_1'\end{cases}$$

L'équation (84,2) se déduit de (84,1) en y mettant $v+\frac{i\pi}{2}$, $v'+\frac{i\pi}{2}$, $v''+\frac{i\pi}{2}$, $v'''+\frac{i\pi}{2}$, pour v, v', v'', v'''; et de ces deux équations on trouve les deux autres (84,3) et (84,4) en substituant $v'-i\pi$ à la place de v'''.

3.

Les quatre formules (84) peuvent être mises sous cette forme

$$(85)\quad\begin{cases}2M_1=M+M'+M''+M'''\\ 2M_1'=M+M'-M''-M'''\\ 2M_1''=M-M'+M''-M'''\\ 2M_1'''=M-M'-M''+M'''\end{cases}$$

et, comme je l'ai déjà fait pour les relations analogues trouvées entre les fonctions $\Theta(v)$, je représenterai encore chaque système de quatre formules de la forme (85) par la seule équation

$$\text{(86)} \qquad M^2+M'^2+M''^2+M'''^2=M_1^2+M_1'^2+M_1''^2+M_1'''^2,$$

en ordonnant toujours les quatre termes de chaque membre de manière, que l'on peut retourner aux équations (85) sans ambiguïté de signe, si l'on maintient l'ordre des termes établi.

En faisant varier dans les équations (85) les arguments v, w, v', w', v'', w'', v''', w''' des moitiés des quatre indices de période conjugués, on en tire un grand nombre de systèmes de quatre formules de la même forme (85), dont je représente chacun par une seule équation de la forme (86), en ordonnant les termes de cette équation de la même manière. Mais pour ne pas embarrasser le texte par un trop grand appareil de formules, je les ai reléguées dans une table.

Soit $M_1^{(r)}$ une quelconque des quatre expressions M_1, M_1', M_1'', M_1''' et $M^{(r)}$ une quelconque de celles-ci M, M', M'', M''', la table de formules est construite de manière qu'elle donne $M^{(r)}$ et $M_1^{(r)}$ sous les formes symboliques (87)

$$M^{(r)}=a^{(r)}m.\ b^{(r)}m'.\ c^{(r)}m''.\ d^{(r)}m'''\pm a^{(r)}n.\ b^{(r)}n'.\ c^{(r)}n''.\ d^{(r)}n''',$$

$$M_1^{(r)}=a_1^{(r)}m_1.b_1^{(r)}m_1'.c_1^{(r)}m_1''.d_1^{(r)}m_1'''\pm a_1^{(r)}n_1.b_1^{(r)}n_1'.c_1^{(r)}n_1''.d_1^{(r)}n_1'''.$$

Les couples de lettres séparées par des points représentent les indices r et s des fonctions $\varphi_{r,s}$, dont les expressions $M^{(r)}$, $M_1^{(r)}$, se composent, et ces couples sont ordonnées tellement que les formules symboliques (87) tiennent lieu de celles-ci :

$$\text{(88)} \quad \begin{cases} M^{(r)}=\varphi_{a^{(r)},m}(v,w)\ .\ \varphi_{b^{(r)},m'}(v',w')\ .\ \varphi_{c^{(r)},m''}(v'',w'')\ .\ \varphi_{d^{(r)},m'''}(v''',w''') \\ \qquad \pm\varphi_{a^{(r)},n}(v,w)\ .\ \varphi_{b^{(r)},n'}(v',w')\ .\ \varphi_{c^{(r)},n''}(v'',w'')\ .\ \varphi_{d^{(r)},n'''}(v''',w'''), \\ M_1^{(r)}=\varphi_{a_1^{(r)},m_1}(v_1,w_1)\ .\ \varphi_{b_1^{(r)},m_1'}(v_1',w_1')\ .\ \varphi_{c_1^{(r)},m_1''}(v_1'',w_1'')\ .\ \varphi_{d_1^{(r)},m_1'''}(v_1''',w_1''') \\ \qquad \pm\varphi_{a_1^{(r)},n_1}(v_1,w_1)\ .\ \varphi_{b_1^{(r)},n_1'}(v_1',w_1')\ .\ \varphi_{c_1^{(r)},n_1''}(v_1'',w_1'')\ .\ \varphi_{d_1^{(r)},n_1'''}(v_1''',w_1'''). \end{cases}$$

Chaque page de la table contient deux colonnes d'expressions de la forme (87). Les lignes de la première colonne appartiennent quatre à quatre à la même équation de la forme (86), les indices r, s des huit fonctions $\wp_{r,s}$, dont se compose la quantité $M^{(r)}$, étant les mêmes que celles des huit fonctions $\wp_{r,s}$ par lesquelles la quantité $M_1^{(r)}$ est exprimée. C'est pourquoi, à côté de chaque système de quatre lignes de cette colonne se trouvent les signes M et M_1, M′ et M'_1, M″ et M''_1, M‴ et M'''_1. Dans la seconde colonne, au contraire, chaque système de huit lignes contient les valeurs symboliques (87) des huit quantités $M^{(r)}$, $M_1^{(r)}$ appartenant à deux formules de la forme (86), qui proviennent l'une de l'autre, en échangeant les arguments v_1, w_1; v'_1, w'_1; v''_1, w''_1; v'''_1, w'''_1, contre les arguments v, w; v', w'; $v'' w''$; v''', w'''. Je pouvais donc écrire à côté de chaque système de huit lignes de la seconde colonne les signes: M ou M_1; M′ ou M'_1; M″ ou M''_1; M‴ ou M'''_1; M_1 ou M; M'_1 ou M′; M''_1 ou M″; M'''_1 ou M‴; les signes premiers de chaque couple $\{M^{(r)}$ ou $M_1^{(r)}\}$ et $\{M_1^{(r)}$ ou $M^{(r)}\}$ appartenant à l'une, les signes derniers à l'autre des deux formules de la forme (86) qui sont comprises dans ce système de huit lignes.

Deux systèmes consécutifs de quatre lignes dans la première colonne, et le système de huit lignes qui est à côté dans la seconde colonne, sont mis sous le même numéro (n) et distingués par les lettres a, b, c, d, mises à côté du nombre (n). J'ai numéroté les formules de cette manière, parce que les quatre formules de la forme (86), qui sont désignées par le même numéro (n), ont la propriété que si, pour la première des deux formules dont les éléments sont contenus dans la première colonne, on a

$$M^{(r)} = A^{(r)} + B^{(r)}, \qquad M_1^{(r)} = A_1^{(r)} + B_1^{(r)},$$

et pour la seconde,

$$M^{(r)} = C^{(r)} - D^{(r)}, \qquad M_1^{(r)} = C_1^{(r)} - D_1^{(r)};$$

l'on a, pour la première des deux autres formules contenues dans la seconde colonne,

$$M^{(r)} = A^{(r)} - B^{(r)}, \qquad M_1^{(r)} = C_1^{(r)} + D_1^{(r)},$$

et pour la seconde,

$$M^{(r)} = C^{(r)} + D^{(r)}, \qquad M_1^{(r)} = A_1^{(r)} - B_1^{(r)}.$$

Trois formules quelconques d'un tel système de quatre formules découlent de la quatrième, si l'on y substitue $w+\frac{i\pi}{2}$, $w'+\frac{i\pi}{2}$, $w''+\frac{i\pi}{2}$, $w'''-\frac{i\pi}{2}$, pour w, w', w'', w''', et si l'on met dans les deux formules que l'on a après cette substitution $w'''+i\pi$ pour w'''.

4.

Des équations contenues dans la table de formules dont nous venons d'exposer la construction, on tire aisément les relations qui existent entre les seize fonctions $\vartheta_{r,s}(v,w)$, aux mêmes arguments v, w, et aux mêmes modules p, q, Λ.

Considérons d'abord celles que l'on obtient entre les fonctions $\vartheta_{r,s}(0,0)$, que je désignerai simplement par $\varphi_{r,s}$. Elles sont au nombre de dix; car on a $\varphi_{r,1}=0$, $\varphi_{1,r}=0$, si r est un des trois indices 0, 2, 3.

En posant les arguments v,w, v',w', v'',w'', v''',w''', égaux à zéro, les arguments v_1,w_1, etc., s'évanouissent aussi, et les formules contenues dans la table sous les numéros 1, 2 . . . . , 16, donnent dans ce cas, les équations suivantes :

$$(89)\quad \left\{\begin{array}{l} \varphi^4_{3,3}-\varphi^4_{0,0} = \varphi^4_{2,0}+\varphi^4_{0,2} = \varphi^4_{0,2}+\varphi^4_{2,0} \\ \varphi^4_{0,3}-\varphi^4_{1,1} = \varphi^4_{3,0}+\varphi^4_{2,2} = \varphi^4_{0,3}+\varphi^4_{2,1} \\ \varphi^4_{2,3}-\varphi^4_{3,2} = \varphi^4_{1,0}+\varphi^4_{0,2} = \varphi^4_{0,1}+\varphi^4_{2,0} \end{array}\right.$$

$$(90)\quad \left\{\begin{array}{l} 1\,;\ \varphi^2_{0,0}\,\varphi^2_{3,3} = \varphi^2_{0,3}\,\varphi^2_{3,0} + \varphi^2_{1,1}\,\varphi^2_{2,2} \\ 2\,;\ \varphi^2_{0,0}\,\varphi^2_{2,2} = \varphi^2_{0,2}\,\varphi^2_{2,0} + \varphi^2_{1,1}\,\varphi^2_{3,3} \\ 3\,;\ \varphi^2_{2,2}\,\varphi^2_{3,3} = \varphi^2_{2,3}\,\varphi^2_{3,2} + \varphi^2_{1,1}\,\varphi^2_{0,0} \end{array}\right.$$

$$
(90)\quad
\begin{cases}
4;\ \wp^2_{0,1}\wp^2_{3,3}=\wp^2_{0,2}\wp^2_{3,2}+\wp^2_{0,0}\wp^2_{3,0}, & 7;\ \wp^2_{1,0}\wp^2_{3,3}=\wp^2_{2,0}\wp^2_{2,3}+\wp^2_{0,0}\wp^2_{0,3},\\
5;\ \wp^2_{0,3}\wp^2_{2,1}=\wp^2_{0,2}\wp^2_{2,2}+\wp^2_{0,0}\wp^2_{2,0}, & 8;\ \wp^2_{3,0}\wp^2_{3,2}=\wp^2_{2,0}\wp^2_{2,2}+\wp^2_{0,0}\wp^2_{0,2},\\
6;\ \wp^2_{2,3}\wp^2_{3,3}=\wp^2_{2,2}\wp^2_{3,2}+\wp^2_{2,0}\wp^2_{3,0}, & 9;\ \wp^2_{1,2}\wp^2_{3,3}=\wp^2_{3,2}\wp^2_{2,3}+\wp^2_{0,2}\wp^2_{0,3},\\
10;\ \wp^2_{0,3}\wp^2_{3,2}=\wp^2_{0,2}\wp^2_{3,3}+\wp^2_{1,1}\wp^2_{2,0}, & 13;\ \wp^2_{1,0}\wp^2_{3,2}=\wp^2_{2,0}\wp^2_{3,3}+\wp^2_{1,1}\wp^2_{0,2},\\
11;\ \wp^2_{0,3}\wp^2_{2,2}=\wp^2_{0,2}\wp^2_{2,3}-\wp^2_{1,1}\wp^2_{1,0}, & 14;\ \wp^2_{1,0}\wp^2_{2,2}=\wp^2_{2,0}\wp^2_{3,2}+\wp^2_{1,1}\wp^2_{0,2},\\
12;\ \wp^2_{0,0}\wp^2_{3,2}=\wp^2_{0,2}\wp^2_{3,0}+\wp^2_{1,1}\wp^2_{2,1}, & 15;\ \wp^2_{0,0}\wp^2_{2,3}=\wp^2_{2,0}\wp^2_{0,3}+\wp^2_{1,1}\wp^2_{1,2}.
\end{cases}
$$

Voilà les relations algébriques qui existent entre les dix fonctions $\wp_{r,s}$, et ce sont les seules possibles, à moins que les modules p, q, A ne soient dépendants les uns des autres; car si l'on met trois quelconques des équations (90) sous la forme $1=k^2+k'^2$, $1=\lambda^2+\lambda'^2$, $1=\mu^2+\mu'^2$, les raisons des dix quantités $\wp_{r,s}$ peuvent être exprimées algébriquement par k^2, λ^2, μ^2; et en substituant leurs expressions dans les autres équations (90) et (89), celles-ci sont satisfaites identiquement.

Je choisis pour ces trois équations les formules (90,7), (90,8), (90,9), et je mets:

$$
(91)\quad
\begin{cases}
k^2=\dfrac{\wp^2_{2,0}\wp^2_{2,3}}{\wp^2_{3,0}\wp^2_{3,3}}, & \lambda^2=\dfrac{\wp^2_{2,0}\wp^2_{0,2}}{\wp^2_{3,0}\wp^2_{3,2}}, & \mu^2=\dfrac{\wp^2_{2,0}\wp^2_{0,3}}{\wp^2_{3,0}\wp^2_{3,2}},\\
k'^2=\dfrac{\wp^2_{0,0}\wp^2_{0,3}}{\wp^2_{3,0}\wp^2_{3,3}}, & \lambda'^2=\dfrac{\wp^2_{0,0}\wp^2_{0,2}}{\wp^2_{3,0}\wp^2_{3,2}}, & \mu'^2=\dfrac{\wp^2_{0,0}\wp^2_{0,3}}{\wp^2_{3,0}\wp^2_{3,3}}.
\end{cases}
$$

Des équations

$$1=k^2+k'^2, \qquad 1=\lambda^2+\lambda'^2, \qquad 1=\mu^2+\mu'^2,$$

il suit que les quantités k^2, λ^2, μ^2; k'^2, λ'^2, μ'^2 sont toutes moindres que l'unité, parce qu'elles sont des quantités positives. On voit aussi sans peine que

$$k^2-\lambda^2>0, \qquad \lambda^2-\mu^2>0, \qquad \text{ou } k^2>\lambda^2>\mu^2,$$

et partant

$$\mu'^2-\lambda'^2>0, \qquad \lambda'^2-k'^2>0, \qquad \text{ou } \mu'^2>\lambda'^2>k'^2;$$

car on a, au moyen des équations (90,4), (90,3) et (90,14),

$$k^2-\lambda^2=\frac{\mathcal{Q}^2_{2,2}}{\mathcal{Q}^2_{3,2}}\frac{\mathcal{Q}^2_{3,0}\mathcal{Q}^2_{2,3}-\mathcal{Q}^2_{2,0}\mathcal{Q}^2_{2,3}}{\mathcal{Q}^2_{3,0}\mathcal{Q}^2_{3,3}}=\frac{\mathcal{Q}^2_{2,2}}{\mathcal{Q}^2_{3,2}}\frac{\mathcal{Q}^2_{1,1}\mathcal{Q}^2_{0,2}}{\mathcal{Q}^2_{3,0}\mathcal{Q}^2_{3,3}}>0,$$

$$\lambda^2-\mu^2=\frac{\mathcal{Q}^2_{2,0}}{\mathcal{Q}^2_{3,0}}\frac{\mathcal{Q}^2_{2,2}\mathcal{Q}^2_{3,3}-\mathcal{Q}^2_{2,3}\mathcal{Q}^2_{3,2}}{\mathcal{Q}^2_{3,2}\mathcal{Q}^2_{3,0}}=\frac{\mathcal{Q}^2_{2,0}}{\mathcal{Q}^2_{3,0}}\frac{\mathcal{Q}^2_{1,1}\mathcal{Q}^2_{0,2}}{\mathcal{Q}^2_{3,2}\mathcal{Q}^2_{3,3}}>0,$$

$$k^2-\mu^2=\frac{\mathcal{Q}^2_{2,3}}{\mathcal{Q}^2_{3,3}}\frac{\mathcal{Q}^2_{3,0}\mathcal{Q}^2_{2,2}-\mathcal{Q}^2_{2,0}\mathcal{Q}^2_{3,2}}{\mathcal{Q}^2_{3,3}\mathcal{Q}^2_{3,0}}=\frac{\mathcal{Q}^2_{2,3}}{\mathcal{Q}^2_{3,3}}\frac{\mathcal{Q}^2_{1,1}\mathcal{Q}^2_{0,2}}{\mathcal{Q}^2_{3,2}\mathcal{Q}^2_{3,0}}>0.$$

Je me servirai ici des signes modulaires de M. Richelot, de la désignation duquel sont aussi empruntés les signes

$$k^2_1=1-k^2,\qquad \lambda^2_1=1-\lambda^2,\qquad \mu^2_1=1-\mu^2;$$

et je mettrai

$$\lambda^2_k=k^2-\lambda^2\qquad \mu^2_k=k^2-\mu^2\qquad \mu^2_\lambda=\lambda^2-\mu^2.$$

On a, d'après cette désignation, outre les équations (91), les suivantes :

$$\lambda^2_k=\frac{\mathcal{Q}^2_{1,1}\mathcal{Q}^2_{0,2}\mathcal{Q}^2_{2,3}}{\mathcal{Q}^2_{3,0}\mathcal{Q}^2_{3,2}\mathcal{Q}^2_{3,3}},\qquad \mu^2_\lambda=\frac{\mathcal{Q}^2_{1,1}\mathcal{Q}^2_{0,0}\mathcal{Q}^2_{2,2}}{\mathcal{Q}^2_{3,0}\mathcal{Q}^2_{3,2}\mathcal{Q}^2_{3,2}},\qquad \mu^2_k=\frac{\mathcal{Q}^2_{1,1}\mathcal{Q}^2_{0,3}\mathcal{Q}^2_{2,3}}{\mathcal{Q}^2_{3,0}\mathcal{Q}^2_{3,2}\mathcal{Q}^2_{3,3}}.$$

$$(92)\quad\left\{\begin{array}{lll}
1;\ \dfrac{\mathcal{Q}^2_{0,0}}{\mathcal{Q}^2_{3,3}}=\dfrac{k^2\mu^2_1\mu^2_\lambda}{\lambda^2\mu^2_k}, & 4;\ \dfrac{\mathcal{Q}^2_{2,2}}{\mathcal{Q}^2_{3,3}}=\dfrac{k^2\mu^2_1\lambda^2_k}{\lambda^2\mu^2_k}, & 7;\ \dfrac{\mathcal{Q}^2_{1,1}}{\mathcal{Q}^2_{3,3}}=\dfrac{\lambda^2_k\mu^2_\lambda}{\lambda^2\lambda^2_1},\\
2;\ \dfrac{\mathcal{Q}^2_{0,2}}{\mathcal{Q}^2_{3,3}}=\dfrac{k^2_1\mu^2\lambda^2_\lambda}{\lambda^2\mu^2_k}, & 5;\ \dfrac{\mathcal{Q}^2_{2,0}}{\mathcal{Q}^2_{3,3}}=\dfrac{k^2_1\mu^2\mu^2_\lambda}{\lambda^2_1\mu^2_k}, & 8;\ \dfrac{\mathcal{Q}^2_{3,0}}{\mathcal{Q}^2_{3,3}}=\dfrac{k^2k^2_1\mu^2}{\lambda^2\lambda^2_1\mu^2_\lambda},\\
3;\ \dfrac{\mathcal{Q}^2_{0,3}}{\mathcal{Q}^2_{3,3}}=\dfrac{k^2_1\mu^2_1}{\lambda^2_1}, & 6;\ \dfrac{\mathcal{Q}^2_{3,3}}{\mathcal{Q}^2_{3,3}}=\dfrac{k^2\mu^2}{\lambda^2}, & 9;\ \dfrac{\mathcal{Q}^2_{3,3}}{\mathcal{Q}^2_{3,3}}=\dfrac{\mu^2\mu^2_1\lambda^2_\lambda}{\lambda^2\lambda^2_1\mu^2_\lambda}.
\end{array}\right.$$

En substituant ces expressions dans les formules (89), on obtient des équations entre les trois quantités k^2, λ^2, μ^2, que l'on reconnaît sans calcul comme identiques, au moyen des formules identiques connues :

$$0=\frac{1-bx_1.\ -bx_2}{b-b_1.b-b_2.b-b_3}+\frac{1-b_1x_1.1-b_1x_2}{b_1-b_2.b_1-b_3.b_1-b}+\frac{1-b_2x_1.1-b_2x_2}{b_2-b_3.b_2-b.b_2-b_1}+\frac{1-b_3x_1.1-b_3x_2}{b_3-b.b_3-b_1.b_3-b_2}$$

$$1=\frac{b_1b_2}{b-b_1.b-b_2}1-bx_1.1-bx_2+\frac{b_2b}{b_1-b_2.b_1-b}1-b_1x_1.1-b_1x_2+\frac{bb_1}{b_2-b.b_2-b_1}1-b_2x_1.1-b$$

[dont la dernière résulte de la première en faisant $b_3=0$]; en y mettant pour b, b_1, b_2, b_3, x_1, x_2, des valeurs convenablement choisies entre celles-ci : 0, 1, k^2, λ^2, μ^2, ∞.

Les équations (90) pouvant être mises sous cette forme,

$$1=a^2+a^2{}_1,$$

sont vérifiées plus aisément encore par la substitution des expressions (92). Des quinze systèmes de deux quantités a^2 et $a^2{}_1$, que l'on en obtient exprimées en k^2, λ^2, μ^2, douze sont égales aux douze modules et à leurs compléments, auxquelles M. Richelot est parvenu en transformant l'intégrale ultra-elliptique au moyen d'une substitution rationnelle et de premier degré.

Les trois systèmes, qui ne sont pas compris dans le nombre de ces douze systèmes de modules complémentaires, sont ceux qui proviennent des équations (90,2), (90,10), (90,13), savoir :

$$\frac{\mathcal{C}^2{}_{0,2}\mathcal{C}^2{}_{3,0}}{\mathcal{C}^2{}_{0,0}\mathcal{C}^2{}_{3,2}}=\frac{\mu^2k^2{}_1}{\mu^2{}_1k^2}\qquad\text{et}\qquad\frac{\mathcal{C}^2{}_{1,1}\mathcal{C}^2{}_{3,5}}{\mathcal{C}^2{}_{0,0}\mathcal{C}^2{}_{2,2}}=\frac{\mu^2{}_k}{\mu^2{}_1k^2}$$

$$\frac{\mathcal{C}^2{}_{0,2}\mathcal{C}^2{}_{3,5}}{\mathcal{C}^2{}_{0,3}\mathcal{C}^2{}_{3,2}}=\frac{\lambda^2{}_1}{\mu^2{}_1}\qquad\text{et}\qquad\frac{\mathcal{C}^2{}_{1,1}\mathcal{C}^2{}_{2,0}}{\mathcal{C}^2{}_{0,3}\mathcal{C}^2{}_{3,2}}=\frac{\mu^{2\lambda}}{\mu^2{}_1}$$

$$\frac{\mathcal{C}^2{}_{2,0}\mathcal{C}^2{}_{3,5}}{\mathcal{C}^2{}_{3,0}\mathcal{C}^2{}_{2,3}}=\frac{\lambda^2}{k^2}\qquad\text{et}\qquad\frac{\mathcal{C}^2{}_{1,1}\mathcal{C}^2{}_{0,2}}{\mathcal{C}^2{}_{3,0}\mathcal{C}^2{}_{2,3}}=\frac{\lambda^2{}_k}{k^2}.$$

On peut cependant, de la même manière, parvenir à ceux-là aussi, si l'on ne se borne pas seulement, comme M. Richelot l'a fait, à des substitutions telles qui reconduisent à la forme canonique de l'intégrale.

5.

Si l'on met dans les formules de la table

$$v''=v'''=0,\qquad w''=w'''=0,\qquad v'=v,\qquad w'=w,$$

on a aussi

$$v''{}_1=v'''{}_1=0,\quad w''{}_1=w'''{}_1=0,\quad v'{}_1=v_1=v,\quad w'{}_1=w_1=w;$$

on obtient donc, par cette substitution, des équations algébriques entre les seize fonctions $\mathcal{C}_{r,s}(v, w)$ à la même couple d'arguments v, w. Ces équations étant homogènes par rapport aux fonctions $\mathcal{C}_{r,s}(v, w)$, donnent des relations entre les quotients d'une quelconque de ces fonctions et les quinze autres, et ces relations sont d'une nature telle que l'on peut, par deux quelconques de ces quotients, exprimer les treize autres algébriquement. Cependant la manière dont ceux-ci dépendent des deux autres choisis comme indépendants n'est pas la même pour tous les treize. Il y en a toujours trois dont les carrés sont liés aux carrés des deux quotients, considérés comme des variables indépendantes par trois équations linéaires; tandis que le carré de chacun des dix autres en dépend au moyen d'une équation quadratique, dont les coefficients en sont des fonctions linéaires.

J'ai choisi les quotients

$$\frac{\mathcal{C}^2_{1,0}(v,w)}{\mathcal{C}^2_{0,0}(v,w)} \quad \text{et} \quad \frac{\mathcal{C}^2_{2,0}(v,w)}{\mathcal{C}^2_{0,0}(v,w)}$$

pour exprimer les treize autres.

Les formules (16,*d*), (16,*b*) ou (16,*c*) et (12,*b*) ou (12,*c*) de la table, — les dernières en renversant l'ordre des indices r,s des fonctions $\mathcal{C}_{r,s}$, — donnent

$$(94)\qquad \left\{\begin{aligned} 1 &= -\frac{\mathcal{C}^2_{3,0}}{\mathcal{C}^2_{2,0}}\frac{\mathcal{C}^2_{1,0}(v,w)}{\mathcal{C}^2_{0,0}(v,w)} + \frac{\mathcal{C}^2_{0,0}}{\mathcal{C}^2_{2,0}}\frac{\mathcal{C}^2_{2,0}(v,w)}{\mathcal{C}^2_{0,0}(v,w)} + \frac{\mathcal{C}^2_{1,1}}{\mathcal{C}^2_{2,0}}\frac{\mathcal{C}^2_{3,1}(v,w)}{\mathcal{C}^2_{0,0}(v,w)},\\ 1 &= \frac{\mathcal{C}^2_{3,1}}{\mathcal{C}^2_{2,1}}\frac{\mathcal{C}^2_{1,0}(v,w)}{\mathcal{C}^2_{0,0}(v,w)} + \frac{\mathcal{C}^2_{0,1}}{\mathcal{C}^2_{2,1}}\frac{\mathcal{C}^2_{2,0}(v,w)}{\mathcal{C}^2_{0,0}(v,w)} + \frac{\mathcal{C}^2_{1,1}}{\mathcal{C}^2_{2,1}}\frac{\mathcal{C}^2_{3,1}(v,w)}{\mathcal{C}^2_{0,0}(v,w)},\\ 1 &= -\frac{\mathcal{C}^2_{3,2}}{\mathcal{C}^2_{2,2}}\frac{\mathcal{C}^2_{1,0}(v,w)}{\mathcal{C}^2_{0,0}(v,w)} + \frac{\mathcal{C}^2_{0,2}}{\mathcal{C}^2_{2,2}}\frac{\mathcal{C}^2_{2,0}(v,w)}{\mathcal{C}^2_{0,0}(v,w)} + \frac{\mathcal{C}^2_{1,1}}{\mathcal{C}^2_{2,2}}\frac{\mathcal{C}^2_{3,2}(v,w)}{\mathcal{C}^2_{0,0}(v,w)}. \end{aligned}\right.$$

ou en y substituant les expressions (92) du numéro précédent,

$$(95)\qquad \left\{\begin{aligned} 1 &= -\frac{k}{\lambda\mu}\frac{\mathcal{C}^2_{1,0}(v,w)}{\mathcal{C}^2_{0,0}(v,w)} + \frac{k\lambda_1\mu_1}{k_1\lambda\mu}\frac{\mathcal{C}^2_{2,0}(v,w)}{\mathcal{C}^2_{0,0}(v,w)} + \frac{\lambda_k\mu_k}{k_1\lambda\mu}\frac{\mathcal{C}^2_{3,1}(v,w)}{\mathcal{C}^2_{0,0}(v,w)},\\ 1 &= -\frac{\lambda}{\mu k}\frac{\mathcal{C}^2_{1,0}(v,w)}{\mathcal{C}^2_{0,0}(v,w)} + \frac{\lambda\mu_1 k_1}{\lambda_1\mu k}\frac{\mathcal{C}^2_{2,0}(v,w)}{\mathcal{C}^2_{0,0}(v,w)} + \frac{\mu_\lambda\lambda_k}{\lambda_1\mu k}\frac{\mathcal{C}^2_{3,2}(v,w)}{\mathcal{C}^2_{0,0}(v,w)},\\ 1 &= -\frac{\mu}{k\lambda}\frac{\mathcal{C}^2_{1,0}(v,w)}{\mathcal{C}^2_{0,0}(v,w)} + \frac{\mu k_1\lambda_1}{\mu_1 k\lambda}\frac{\mathcal{C}^2_{2,0}(v,w)}{\mathcal{C}^2_{0,0}(v,w)} + \frac{\mu_k\mu_\lambda}{\mu_1 k\lambda}\frac{\mathcal{C}^2_{3,3}(v,w)}{\mathcal{C}^2_{0,0}(v,w)}. \end{aligned}\right.$$

Au lieu d'exprimer trois des cinq quotients $\frac{\vartheta_{r,s}(v,w)}{\vartheta_{1,0}(v,w)}$ contenus dans ces équations par les deux autres, je les considère tous les cinq comme fonctions algébriques des mêmes variables x_1 et x_2, parce que de cette manière la symétrie des formules peut être mieux conservée, et en comparant la forme des équations (95) a celle de l'équation identique

$$(96)\quad 1 = b_1 b_2 \frac{1-bx_1 \,.\, 1-bx_2}{b-b_1 \,.\, b-b_2} + b_2 b \frac{1-b_1x_1 \,.\, 1-b_1x_2}{b_1-b_2 \,.\, b_1-b} + b b_1 \frac{1-b_2x_1 \,.\, 1-b_2x_2}{b_2-b \,.\, b_2-b_1},$$

on voit que l'on peut donner à chacun des cinq quotients dont il s'agit la forme $B.1-bx_1 \,.\, 1-bx_2$ en déterminant les constantes B et b de sorte que les équations (95) prennent la forme de l'équation identique (96).

Mettons donc

$$\frac{\vartheta^2_{1,0}(v,w)}{\vartheta^2_{0,0}(v,w)} = B \,.\, 1-bx_1 \,.\, 1-bx_2,$$

$$\frac{\vartheta^2_{2,0}(v,w)}{\vartheta^2_{0,0}(v,w)} = B_1 \,.\, 1-b_1x_1 \,.\, 1-b_1x_2,$$

$$\frac{\vartheta^2_{3,1}(v,w)}{\vartheta^2_{0,0}(v,w)} = C \,.\, 1-cx_1 \,.\, 1-cx_2,$$

$$\frac{\vartheta^2_{3,2}(v,w)}{\vartheta^2_{0,0}(v,w)} = L \,.\, 1-lx_1 \,.\, 1-lx_2,$$

$$\frac{\vartheta^2_{3,3}(v,w)}{\vartheta^2_{0,0}(v,w)} = M \,.\, 1-mx_1 \,.\, 1-mx_2,$$

nous aurons entre les constantes B, B_1, C, L, M, b, b_1, c, l, m, k, les λ, μ, équations suivantes :

$$\frac{b_1 c}{b-b_1 \,.\, b-c} = -\frac{k B}{\lambda \mu},\quad \frac{bc}{b_1-b \,.\, b_1-c} = \frac{k \lambda_1 \mu_1}{k_1 \lambda \mu} B_1,\quad \frac{bb_1}{c-b \,.\, c-b_1} = \frac{\lambda_k \mu_k}{k_1 \lambda \mu} C,$$

$$\frac{b_1 l}{b-b_1 \,.\, b-c} = -\frac{\lambda B}{\mu k},\quad \frac{bl}{b_1-b \,.\, b_1-l} = \frac{\lambda \mu_1 k_1}{\lambda_1 \mu k} B_1,\quad \frac{bb_1}{l-b \,.\, l-b_1} = \frac{\mu_\lambda \lambda_k}{\lambda_1 \mu k} L,$$

$$\frac{b_1 m}{b-b_1 \,.\, b-c} = -\frac{\mu B}{k \lambda},\quad \frac{bm}{b_1-b \,.\, b_1-m} = \frac{\mu k_1 \lambda_1}{\mu_1 k \lambda} B_1,\quad \frac{bb_1}{m-b \,.\, m-b_1} = \frac{\mu_k \mu_\lambda}{\mu_1 k \lambda} M.$$

d'où l'on tire

$$\frac{\lambda_1^2}{b} = \frac{k^2}{c} - \frac{\lambda^2}{l}, \qquad \frac{\mu^2}{b_1} = \frac{\lambda^2}{l} - \frac{\mu^2}{m},$$

$$\frac{\lambda_1^2}{k} = \frac{k^2\lambda^2}{c} - \frac{\lambda^2\lambda_1^2}{l}, \qquad \frac{\mu_1^2}{b} = \frac{\lambda^2\mu_1^2}{l} - \frac{\mu^2\lambda_1^2}{m}.$$

Des constantes b, b_1, c, l, m, deux quelconques peuvent donc être choisies arbitrairement, et pour rendre les formules plus simples, je mets $b = \infty$, $b_1 = 1$. On trouve alors

$$B = 0,\ Bb^2 = -k\lambda\mu, \quad B_1 = -\frac{k\lambda\mu}{k_1\lambda_1\mu}, \quad c = k^2,\ l = \lambda^2,\ m = \mu^2,$$

$$C = -\frac{\lambda\mu}{k_1\lambda_1\mu}, \quad L = \frac{\mu k}{\lambda_1\mu_1\lambda_k}, \quad M = \frac{k\lambda}{\mu_1\mu\,\mu};$$

et par conséquent :

97

$$\begin{cases}
1: & \dfrac{\vartheta^2_{1,0}(v,w)}{\vartheta^2_{0,0}(v,w)} = -k\lambda\mu\,.\,x_1\,.\,x_2 \\[2ex]
2: & \dfrac{\vartheta^2_{2,0}(v,w)}{\vartheta^2_{0,0}(v,w)} = -\dfrac{k\lambda\mu}{k_1\lambda_1\mu_1}\,.\,1-x_1\,.\,1-x_2 \\[2ex]
3: & \dfrac{\vartheta^2_{3,1}(v,w)}{\vartheta^2_{0,0}(v,w)} = \dfrac{\lambda\mu}{k_1\lambda_1\mu}\,.\,1-k^2x_1\,.\,1-k^2x_2 \\[2ex]
4: & \dfrac{\vartheta^2_{3,2}(v,w)}{\vartheta^2_{0,0}(v,w)} = \dfrac{\mu k}{\lambda_1\mu_1\lambda_1}\,.\,1-\lambda^2x_1\,.\,1-\lambda^2x_2 \\[2ex]
5: & \dfrac{\vartheta^2_{3,3}(v,w)}{\vartheta^2_{0,0}(v,w)} = \dfrac{k\lambda}{\mu\,\mu_1\mu_1}\,.\,1-\mu^2x_1\,.\,1-\mu^2x_2\,.
\end{cases}$$

Pour que les expressions en x et x_2 de tous les quinze quotients $\frac{\vartheta^2_{\cdot,\cdot}(v,w)}{\vartheta^2_{0,0}(v,w)}$ soient réunies au même endroit, j'en ajouterai aux cinq précédents dix autres qui, comme je l'ai déjà dit, sont des fonctions moins simples de x_1 et x_2 que ceux-là; et j'en donnerai ensuite la démonstration.

$$6;\ \frac{\mathcal{P}^2_{3,0}(v,w)}{\mathcal{P}^2_{0,0}(v,w)} = -\frac{v_1 x_2 \cdot 1 - x_1 \cdot 1 - x_2}{\lambda_1 \mu_1 \cdot (x_2 - x_1)^2}\left\{\frac{\sqrt{(x_1 k\lambda\mu)}}{x_1 \cdot 1 - x_1} \pm \frac{\sqrt{(x_2 k\lambda\mu)}}{x_2 \cdot 1 - x_2}\right\}^2$$

$$7;\ \frac{\mathcal{P}^2_{0,1}(v,w)}{\mathcal{P}^2_{0,0}(v,w)} = \frac{\lambda\mu \cdot 1 - \lambda^2 x_1 \cdot 1 - \lambda^2 x_2 \cdot 1 - \mu^2 x_1 \cdot 1 - \mu^2 x_2}{\lambda_1 \mu_1 \lambda_k \mu_k \cdot (x_2 - x_1)^2}\left\{\frac{\sqrt{(x_1 k\lambda\mu)}}{1 - \lambda^2 x_1 \cdot 1 - \mu^2 x_1} - \frac{\sqrt{(x_2 k\lambda\mu}}{1 - \lambda^2 x_2 \cdot 1 - \mu^2 x_2}\right\}^2$$

$$8;\ \frac{\mathcal{P}^2_{0,2}(v,w)}{\mathcal{P}^2_{0,0}(v,w)} = -\frac{\mu k \cdot 1 - \mu^2 x_1 \cdot 1 - \mu^2 x_2 \cdot 1 - k^2 x_1 \cdot 1 - k^2 x_2}{\mu_1 k_1 \mu_k \lambda_k \cdot (x_2 - x_1)^2}\left\{\frac{\sqrt{(x_1 k\lambda\mu)}}{1 - \mu^2 x_1 \cdot 1 - k^2 x_1} + \frac{\sqrt{(x_2 k\lambda\mu}}{1 - \mu^2 x_2 \cdot 1 - k^2 x_2}\right\}^2$$

$$9;\ \frac{\mathcal{P}^2_{2,2}(v,w)}{\mathcal{P}^2_{0,0}(v,w)} = -\frac{k\lambda \cdot 1 - k^2 x_1 \cdot 1 - k^2 x_2 \cdot 1 - \lambda^2 x_1 \cdot 1 - \lambda^2 x_2}{k_1 \lambda_1 \mu_k \mu_k \cdot (x_2 - x_1)^2}\left\{\frac{\sqrt{(x_1 k\lambda\mu)}}{1 - k^2 x_1 \cdot 1 - \lambda^2 x_1} + \frac{\sqrt{(x_2 k\lambda\mu)}}{1 - k^2 x_2 \cdot 1 - \lambda^2 x_2}\right\}^2$$

$$10;\ \frac{\mathcal{P}^2_{1,1}(v,w)}{\mathcal{P}^2_{0,0}(v,w)} = \frac{k \cdot 1 - x_1 \cdot 1 - x_2 \cdot 1 - k^2 x_1 \cdot 1 - k^2 x_2}{\lambda_1 \mu_1 \lambda_k \mu_k \cdot (x_2 - x_1)^2}\left\{\frac{\sqrt{(x_1 k\lambda\mu)}}{1 - x_1 \cdot 1 - k^2 x_1} \pm \frac{\sqrt{(x_2 k\lambda\mu)}}{1 - x_2 \cdot 1 - k^2 x_2}\right\}^2$$

$$11;\ \frac{\mathcal{P}^2_{1,2}(v,w)}{\mathcal{P}^2_{0,0}(v,w)} = \frac{\lambda \cdot 1 - x_1 \cdot 1 - x_2 \cdot 1 - \lambda^2 x_1 \cdot 1 - \lambda^2 x_2}{\mu_1 k_1 \mu_k k_k \cdot (x_2 - x_1)^2}\left\{\frac{\sqrt{(x_1 k\lambda\mu)}}{1 - x_1 \cdot 1 - \lambda^2 x_1} \pm \frac{\sqrt{(x_2 k\lambda\mu)}}{1 - x_2 \cdot 1 - \lambda^2 x_2}\right\}^2$$

$$12;\ \frac{\mathcal{P}^2_{2,1}(v,w)}{\mathcal{P}^2_{0,0}(v,w)} = \frac{\mu \cdot 1 - x_1 \cdot 1 - x_2 \cdot 1 - \mu^2 x_1 \cdot 1 - \mu^2 x_2}{k_1 \lambda_1 \mu_k \mu \cdot (x_2 - x_1)^2}\left\{\frac{\sqrt{(x_1 k\lambda\mu)}}{1 - x_1 \cdot 1 - \mu^2 x_1} \pm \frac{\sqrt{(x_2 k\lambda\mu}}{1 - x_2 \cdot 1 - \mu^2 x_2}\right\}^2$$

$$13;\ \frac{\mathcal{P}^2_{2,1}(v,w)}{\mathcal{P}^2_{0,0}(v,w)} = \frac{k x_1 x_2 \cdot 1 - k^2 x_1 \cdot 1 - k^2 x_2}{k_1 \lambda_k \mu_k \cdot (x_2 - x_1)^2}\left\{\frac{\sqrt{(x_1 k\lambda\mu)}}{x_1 \cdot 1 - k^2 x_1} + \frac{\sqrt{(x_2 k\lambda\mu)}}{x_2 \cdot 1 - k^2 x_2}\right\}^2$$

$$14;\ \frac{\mathcal{P}^2_{2,2}(v,w)}{\mathcal{P}^2_{0,0}(v,w)} = \frac{\lambda \cdot x_1 x_2 \cdot 1 - \lambda^2 x_1 \cdot 1 - \lambda^2 x_2}{\lambda_1 \mu \cdot \lambda_k \cdot (x_2 - x_1)^2}\left\{\frac{\sqrt{(x_1 k\lambda\mu)}}{x_1 \cdot 1 - \lambda^2 x_1} + \frac{\sqrt{(x_2 k\lambda\mu)}}{x_2 \cdot 1 - \lambda^2 x_2}\right\}^2$$

$$15;\ \frac{\mathcal{P}^2_{2,3}(v,w)}{\mathcal{P}^2_{0,0}(v,w)} = -\frac{\mu \cdot x_1 x_2 \cdot 1 - \mu^2 x_1 \cdot 1 - \mu^2 x_2}{\mu_1 \mu_k \mu \cdot (x_2 - x_1)^2}\left\{\frac{\sqrt{(x_1 k\lambda\mu)}}{x_1 \cdot 1 - \mu^2 x_1} \pm \frac{\sqrt{(x_2 k\lambda\mu)}}{x_2 \cdot 1 - \mu^2 x_2}\right\}^2$$

(97)

où comme ci-dessus

$$(x\ k\ \lambda\ \mu) = x \cdot 1 - x \cdot 1 - k^2 x \cdot 1 - \lambda^2 x \cdot 1 - \mu^2 x.$$

La première de ces formules est la racine de l'équation quadratique qui résulte des suivantes

$$(98)\quad \mathcal{P}_{1,3}\mathcal{P}_{3,2}\mathcal{P}_{3,1}(v,w)\,\mathcal{P}_{3,0}(v,w) - \mathcal{P}_{2,1}\mathcal{P}_{2,2}\mathcal{P}_{2,0}(v,w)\mathcal{P}_{2,1}(v,w) \quad \mathcal{P}_{0,3}\mathcal{P}_{0,2}\mathcal{P}_{0,1}(v,w)\mathcal{P}_{0,1}(v,w) = 0,$$

$$(99)\quad \begin{cases} \mathcal{P}^2_{1,1}\mathcal{P}^2_{0,1}(v,w) = \mathcal{P}^2_{0,0}\mathcal{P}^2_{1,0}(v,w) \quad \mathcal{P}^2_{1,0}\mathcal{P}^2_{2,0}(v,w) + \mathcal{P}^2_{2,0}\mathcal{P}^2_{3,0}(v,w), \\ \mathcal{P}^2_{1,1}\mathcal{P}^2_{2,1}(v,w) = \mathcal{P}^2_{2,0}\mathcal{P}^2_{1,0}(v,w) + \mathcal{P}^2_{1,0}\mathcal{P}^2_{0,0}(v,w) - \mathcal{P}^2_{0,0}\mathcal{P}^2_{1,0}(v,w). \end{cases}$$

par l'élimination de $\mathcal{P}_{2,1}(v,w)$, $\mathcal{P}_{0,1}(v,w)$. Ces équations se déduisent des formules contenues dans la table sous les numéros (25,*a* (5,*d*) et (2,*d*). Au moyen des équations (97), on obtient de cette manière

$$o = \frac{\mathcal{P}^4_{3,0}(v,w)}{\mathcal{P}^4_{0,0}(v,w)} - 2P\frac{\mathcal{P}^2_{3,0}(v,w)}{\mathcal{P}^2_{0,0}(v,w)} + Q = \left\{\frac{\mathcal{P}^2_{3,0}(v,w)}{\mathcal{P}^2_{0,0}(v,w)} - B_1\right\}\cdot\left\{\frac{\mathcal{P}^2_{3,0}(v,w)}{\mathcal{P}^2_{0,0}(v,w)} - B_2\right\},$$

où

$$2P = B_1 + B_2 = -2\,\frac{x_2.1 - x_2.1 - k x^2_1.1 - \lambda^2 x_1.1 - \mu^2 x_1 + x_1.1 - x_1.1 - k^2 x_2.1 - \lambda^2 x_2.1 - \mu^2 x_2}{k_1\,\lambda_1\,\mu_1\,(x_2 - x_1)^2},$$

$$Q = B_1\,B_2 = \left\{\frac{x_2.1 - x_2.1 - k^2 x_1.1 - \lambda^2 x_1.1 - \mu^2 x_1 - x_1.1 - x_1.1 - k^2 x_2.1 - \lambda^2 x_2.1 - \mu^2 x_2}{k_1\,\lambda_1\,\mu_1\,(x_2 - x_2)^2}\right\}^2.$$

d'où l'on a, par conséquent, pour B_1 et B_2 les valeurs contenues dans le second membre de l'équation (97,6). On peut exprimer aussi les coefficients P et Q immédiatement par les fonctions symétriques de x_1 et x_2 qui forment les seconds membres des cinq premières équations (97), mais elles prennent une forme plus compliquée; c'est pourquoi j'ai préféré les formes précédentes qui laissent mieux voir la nature de ces expressions, bien que le numérateur et le dénominateur de Q aient un facteur commun.

L'équation (97,6) étant trouvée, les autres en découlent à l'aide des équations que voici :

(100)

$$\left.\begin{aligned}
1;\ \mathcal{P}^2_{1,1}\mathcal{P}^2_{0,1}(v,w) - \mathcal{P}^2_{2,0}\mathcal{P}^2_{1,0}(v,w) &= \mathcal{P}^2_{3,0}\mathcal{P}^2_{0,0}(v,w) - \mathcal{P}^2_{3,0}\mathcal{P}^2_{2,0}(v,w\\
&= \mathcal{P}^2_{2,2}\mathcal{P}^2_{3,2}(v,w) - \mathcal{P}^2_{2,3}\mathcal{P}^2_{3,3}(v,w,\\
2;\ \mathcal{P}^2_{1,1}\mathcal{P}^2_{0,2}(v,w) - \mathcal{P}^2_{2,3}\mathcal{P}^2_{1,0}(v,w) &= \mathcal{P}^2_{0,0}\mathcal{P}^2_{1,0}(v,w) - \mathcal{P}^2_{3,3}\mathcal{P}^2_{2,0}(v,w\\
&= \mathcal{P}^2_{2,2}\mathcal{P}^2_{3,1}(v,w) - \mathcal{P}^2_{2,0}\mathcal{P}^2_{3,3}(v,w)\\
3;\ \mathcal{P}^2_{1,1}\mathcal{P}^2_{0,3}(v,w) - \mathcal{P}^2_{2,2}\mathcal{P}^2_{3,0}(v,w) &= \mathcal{P}^2_{0,2}\mathcal{P}^2_{1,0}(v,w) - \mathcal{P}^2_{3,2}\mathcal{P}^2_{2,0}(v,w\\
&= \mathcal{P}^2_{2,3}\mathcal{P}^2_{3,1}(v,w) - \mathcal{P}^2_{2,0}\mathcal{P}^2_{3,2}(v,w\\
4;\ \mathcal{P}^2_{1,1}\mathcal{P}^2_{1,1}(v,w) + \mathcal{P}^2_{3,0}\mathcal{P}^2_{3,0}(v,w) &= \mathcal{P}^2_{2,0}\mathcal{P}^2_{2,0}(v,w) + \mathcal{P}^2_{0,0}\mathcal{P}^2_{0,0}(v,w\\
&= \mathcal{P}^2_{3,3}\mathcal{P}^2_{3,3}(v,w) - \mathcal{P}^2_{3,2}\mathcal{P}^2_{3,2}(v,w,\\
5;\ \mathcal{P}^2_{1,1}\mathcal{P}^2_{1,2}(v,w) + \mathcal{P}^2_{3,3}\mathcal{P}^2_{3,0}(v,w) &= \mathcal{P}^2_{2,3}\mathcal{P}^2_{2,0}(v,w) + \mathcal{P}^2_{0,3}\mathcal{P}^2_{0,0}(v,w)\\
&= \mathcal{P}^2_{3,0}\mathcal{P}^2_{3,3}(v,w) - \mathcal{P}^2_{3,2}\mathcal{P}^2_{3,1}(v,w)\\
6;\ \mathcal{P}^2_{1,1}\mathcal{P}^2_{1,3}(v,w) + \mathcal{P}^2_{3,2}\mathcal{P}^2_{3,0}(v,w) &= \mathcal{P}^2_{2,2}\mathcal{P}^2_{2,0}(v,w) + \mathcal{P}^2_{0,2}\mathcal{P}^2_{0,0}(v,w)\\
&= \mathcal{P}^2_{3,0}\mathcal{P}^2_{3,2}(v,w) - \mathcal{P}^2_{3,3}\mathcal{P}^2_{3,1}(v,w)\\
7;\ \mathcal{P}^2_{1,1}\mathcal{P}^2_{2,1}(v,w) + \mathcal{P}^2_{0,0}\mathcal{P}^2_{3,0}(v,w) &= \mathcal{P}^2_{2,0}\mathcal{P}^2_{1,0}(v,w) + \mathcal{P}^2_{3,0}\mathcal{P}^2_{0,0}(v,w,\\
&= \mathcal{P}^2_{0,3}\mathcal{P}^2_{3,3}(v,w,) - \mathcal{P}^2_{0,2}\mathcal{P}^2_{3,2}(v,w)\\
8;\ \mathcal{P}^2_{1,1}\mathcal{P}^2_{2,2}(v,w) + \mathcal{P}^2_{0,3}\mathcal{P}^2_{3,0}(v,w) &= \mathcal{P}^2_{2,3}\mathcal{P}^2_{1,0}(v,w) + \mathcal{P}^2_{3,3}\mathcal{P}^2_{0,0}(v,w)\\
&= \mathcal{P}^2_{0,0}\mathcal{P}^2_{3,3}(v,w) - \mathcal{P}^2_{0,2}\mathcal{P}^2_{3,1}(v,w)\\
9;\ \mathcal{P}_{1,1}\mathcal{P}^2_{2,3}(v,w) + \mathcal{P}^2_{0,2}\mathcal{P}^2_{3,0}(v,w) &= \mathcal{P}^2_{2,2}\mathcal{P}^2_{1,0}(v,w) + \mathcal{P}^2_{3,2}\mathcal{P}^2_{0,0}(v,w,\\
&= \mathcal{P}^2_{0,0}\mathcal{P}^2_{3,2}(v,w) - \mathcal{P}^2_{0,3}\mathcal{P}^2_{3,1}(v,w,)
\end{aligned}\right\}$$

Ces formules résultent de celles qui sont contenues dans la table sous les numéros : 5, 7, 11, 1, 2, 3, 6, 4, 8. Je les ai choisies telles, qu'elles donnent les expressions des neuf quotients $\frac{\varphi_{r,s}(v,w)}{\varphi_{0,0}(v,w)}$ encore inconnus par les six autres dont nous venons de trouver les expressions en x_1 et x_2.

Les autres relations semblables à celles-ci découlent des seize premiers numéros de la table sans le moindre calcul. On en obtient 48 sous la forme des équations doubles [1] (100), qui elles-mêmes y sont comprises. Les équations de la forme (98) au contraire sont au nombre de cent vingt. Pour les avoir toutes, on doit mettre dans la table des formules $v=v'''$, $w=w'''$, $v'=v''=o$, $w'=w''$, d'où $v_1=v_1'''=v$, $w_1=w_1'''=w$, $v_1'=v_1''=w_1'=w_1''=o$. Toutes ces équations entre les fonctions $\varphi_{r,s}(v,w)$ à la même couple d'arguments v,w sont de deux dimensions; mais il y en a d'autres encore qui en ont quatre. On les obtient par la table des formules en mettant $v=v'=v''=v'''$, $w=w'=w''=w'''$. Il y en a quatre qui proviennent du numéro (1) de la table, et qui sont entre les quatrièmes puissances de huit fonctions $\varphi_{r,s}(v,w)$. Les termes de quelques unes sont des produits de deux carrés $\varphi^2{}_{r,s}(v,w)$ et elles sont entre toutes les seize; et quelques autres même entre huit fonctions $\varphi_{r,s}(v,w)$. Enfin, il y en a vingt qui contiennent aussi toutes les seize fonctions $\varphi_{r,s}(v,w)$, mais qui, dans chacun de leurs quatre termes, ont quatre facteurs inégaux $\varphi_{r,s}(v,w)$.

Des accidents imprévus m'ont empêché d'achever ce mémoire de bonne heure. Maintenant le terme fixé pour le concours est si proche, que j'ai à peine le temps de démontrer brièvement que les expressions en v et w que nous venons de trouver pour x_1 et x_2 satisfont en effet aux équations

[1] Celles-ci sont entre quatre fonctions, tandis que les autres en contiennent six.

$$(101)\qquad \begin{cases} v = \displaystyle\int_{a_1}^{x_1} \frac{(A+Bx)\,dx}{\sqrt{(x k^2 \lambda \mu)}} + \int_{a_2}^{x_2} \frac{(A+Bx)\,dx}{\sqrt{(x k^2 \lambda \mu)}} \\ w = \displaystyle\int_{a_1}^{x_1} \frac{(A'+B'x)\,dx}{\sqrt{(x k^2 \lambda \mu)}} + \int_{a_2}^{x_2} \frac{(A'+B'x)\,dx}{\sqrt{(x k^2 \lambda \mu)}}, \end{cases}$$

et que cette résolution des équations (101) par rapport aux inconnues x_1 et x_2 ne concerne pas un cas particulier seulement, comme l'on pourrait croire à cause de la relation d'une spécialité apparente qu'il y a entre les quatre paires d'indices de période conjugués des fonctions périodiques $x_1(v, w)$, $x_2(v, w)$; mais que cette relation a lieu indépendamment des valeurs des modules k, λ, μ. Si j'ose néanmoins soumettre ce mémoire inachevé au jugement de l'Académie, c'est que je crois que, même tel qu'il est, il donne quelques lumières sur la question proposée; surtout parce que de la même manière dont j'ai passé des fonctions de deux variables à trois périodes, à celles qui en ont quatre, on pourra encore trouver des fonctions périodiques de trois et d'un plus grand nombre de variables qui sont les inverses des intégrales ultra-elliptiques des classes supérieures.

Quant aux signes des racines carrées des expressions algébriques que nous avons trouvées pour les quinze quotients $\frac{\vartheta_{r,s}^2(v, w)}{\vartheta_{0,0}^2(v, w)}$, faute de temps je suis contraint de me borner à la remarque, que ces signes dépendront de ceux des quinze quotients $\frac{\vartheta_{r,s}(v, w)}{\vartheta_{0,0}(v, w)}$. Pour avoir ces derniers signes il suffit d'examiner la marche que suivent les seize fonctions $\vartheta_{r,s}(iv', iw')$, quand v' et w' croissent tous les deux depuis o jusqu'à $\frac{\pi}{2}$; car c'est à celles-ci, comme on l'a vu, que les fonctions $\vartheta_{r,s}(v, w)$ aux arguments réels sont proportionnelles.

6.

En mettant dans les formules de la table

$$\left.\begin{matrix} v''=0,\ v'''=v' \\ w''=w,\ w'''=w' \end{matrix}\right\} \text{d'où} \left\{\begin{matrix} v_1=v+v',\ v_1''=v-v',\ v_1'=0,\ v_1'''=0, \\ w_1=w+w',\ w_1''=w-w',\ w_1'=0,\ w_1'''=0, \end{matrix}\right.$$

on obtient des équations entre les fonctions $\varphi_{r,s}(v, w)$ aux couples d'arguments précédents dont on a immédiatement et les formules de l'addition et les expressions des quotients différentiels partiels des fonctions $\frac{\varphi_{r,s}(v,w)}{\varphi_{0,0}(v,w)}$. Les équations dont il s'agit donnent pour la somme

$$\varphi_{r,s}(v+v',w+w')\varphi_{0,0}(v-v',w-w')+\varphi_{0,0}(v+v',w+w')\varphi_{r,s}(v-v',w-w')$$

six expressions différentes, et autant pour la différence de ces deux termes. Dans le nombre de ces formules se trouvent aussi les suivantes, où j'ai mis $v_1=v+v'$, $w_1=w+w'$, $v_1'=v-v'$, $w_1'=w-w'$.

$$\left.\begin{matrix} 1; & \frac{1}{2}\ \varphi_{2,0}\varphi_{3,0}\{\varphi_{1,0}(v_1,w_1)\varphi_{0,0}(v_1',w_1') & -\varphi_{0,0}(v_1,w_1)\varphi_{1,0}(v_1',w_1')\} \\ =\varphi_{2,0}(v,w)\varphi_{3,0}(v,w)\varphi_{0,0}(v',w')\varphi_{1,0}(v',w') & -\varphi_{2,1}(v,w)\varphi_{3,1}(v,w)\varphi_{1,1}(v',w')\varphi_{0,1}(v',w') \\ =\varphi_{2,3}(v,w)\varphi_{3,3}(v,w)\varphi_{0,3}(v',w')\varphi_{1,3}(v',w') & -\varphi_{2,2}(v,w)\varphi_{3,2}(v,w)\varphi_{1,2}(v',w')\varphi_{0,2}(v',w') \\ 2; & \frac{1}{2}\ \varphi_{2,2}\varphi_{3,2}\{\varphi_{1,0}(v_1,w_1)\varphi_{0,0}(v_1',w_1') & -\varphi_{0,0}(v_1,w_1)\varphi_{1,0}(v_1',w_1')\} \\ =\varphi_{2,0}(v,w)\varphi_{3,0}(v,w)\varphi_{0,2}(v',w')\varphi_{1,2}(v',w') & -\varphi_{2,1}(v,w)\varphi_{3,1}(v,w)\varphi_{0,1}(v',w')\varphi_{1,1}(v',w') \\ =\varphi_{2,2}(v,w)\varphi_{3,2}(v,w)\varphi_{0,0}(v',w')\varphi_{1,0}(v',w') & -\varphi_{2,1}(v,w)\varphi_{3,1}(v,w)\varphi_{0,2}(v',w')\varphi_{1,2}(v',w') \\ 3; & \frac{1}{2}\ \varphi_{2,3}\varphi_{3,3}\{\varphi_{1,0}(v_1,w_1)\varphi_{0,0}(v_1',w_1') & -\varphi_{0,0}(v_1,w_1)\varphi_{1,0}(v_1',w_1')\} \\ =\varphi_{2,0}(v,w)\varphi_{3,3}(v,w)\varphi_{0,0}(v',w')\varphi_{1,3}(v',w') & -\varphi_{2,2}(v,w)\varphi_{3,2}(v,w)\varphi_{0,1}(v',w')\varphi_{1,1}(v',w') \\ =\varphi_{2,3}(v,w)\varphi_{3,3}(v,w)\varphi_{0,0}(v',w')\varphi_{1,0}(v',w') & -\varphi_{2,1}(v,w)\varphi_{3,1}(v,w)\varphi_{0,2}(v',w')\varphi_{1,2}(v',w') \end{matrix}\right\} (102)$$

$$\left.\begin{matrix} 1; & \frac{1}{2}\ \varphi_{2,0}\varphi_{0,0}\{\varphi_{2,0}(v_1,w_1)\varphi_{0,0}(v_1',w_1') & -\varphi_{0,0}(v_1,w_1)\varphi_{2,0}(v_1',w_1')\} \\ =\varphi_{3,3}(v,w)\varphi_{1,3}(v,w)\varphi_{3,3}(v',w')\varphi_{1,3}(v',w') & -\varphi_{3,2}(v,w)\varphi_{1,2}(v,w)\varphi_{3,2}(v',w')\varphi_{1,2}(v',w') \\ =\varphi_{3,0}(v,w)\varphi_{1,0}(v,w)\varphi_{3,0}(v',w')\varphi_{1,0}(v',w') & -\varphi_{3,1}(v,w)\varphi_{1,1}(v,w)\varphi_{3,1}(v',w')\varphi_{1,1}(v',w') \\ 2; & \frac{1}{2}\ \varphi_{2,2}\varphi_{0,2}\{\varphi_{2,0}(v_1,w_1)\varphi_{0,0}(v_1',w_1') & -\varphi_{0,0}(v_1,w_1)\varphi_{2,0}(v_1',w_1')\} \\ =\varphi_{3,2}(v,w)\varphi_{1,2}(v,w)\varphi_{3,0}(v',w')\varphi_{1,0}(v',w') & -\varphi_{3,1}(v,w)\varphi_{1,1}(v,w)\varphi_{3,3}(v',w')\varphi_{1,3}(v',w') \\ =\varphi_{3,0}(v,w)\varphi_{1,0}(v,w)\varphi_{3,2}(v',w')\varphi_{1,2}(v',w') & -\varphi_{3,3}(v,w)\varphi_{1,3}(v,w)\varphi_{3,1}(v',w')\varphi_{1,1}(v',w') \\ 3; & \frac{1}{2}\ \varphi_{2,3}\varphi_{0,3}\{\varphi_{2,0}(v_1,w_1)\varphi_{0,0}(v_1',w_1') & -\varphi_{0,0}(v_1,w_1)\varphi_{2,0}(v_1',w_1')\} \\ =\varphi_{3,3}(v,w)\varphi_{1,3}(v,w)\varphi_{3,0}(v',w')\varphi_{1,0}(v',w') & -\varphi_{3,1}(v,w)\varphi_{1,1}(v,w)\varphi_{3,2}(v',w')\varphi_{1,2}(v',w') \\ =\varphi_{3,0}(v,w)\varphi_{1,0}(v,w)\varphi_{3,3}(v',w')\varphi_{1,3}(v',w') & -\varphi_{3,2}(v,w)\varphi_{1,2}(v,w)\varphi_{3,1}(v',w')\varphi_{1,1}(v',w') \end{matrix}\right\} (103)$$

En développant les membres de ces équations d'après les puissances ascendantes de v' et de w' et en y prenant les coefficients de v' et de w', on aura les quotients différentiels partiels

$$d\frac{\vartheta_{1,0}(v,w)}{\vartheta_{0,0}(v,w)} \qquad d\frac{\vartheta_{2,0}(v,w)}{\vartheta_{0,0}(v,w)},$$

exprimés par les fonctions $\frac{\vartheta_{r,s}(v,w)}{\vartheta_{0,0}(v,w)}$. Les neuf fonctions $\vartheta_{r,s}(v,w)$ qui répondent aux valeurs 0, 2, 3 des indices r et s, et la fonction $\vartheta_{1,1}(v,w)$ ne changeant pas de valeur, si l'on met à la fois $-v$ pour v et $-w$ pour w, sont des fonctions paires de v et de w, c'est-à-dire qu'elles n'en contiennent que des termes aux dimensions paires; d'où suit que leurs premiers quotients différentiels s'évanouissent pour $v=0$, $w=0$. Je désignerai les différentielles totales par le caractère d et les partielles par d; cependant, quand il sera convenable, je me servirai aussi des signes de Lagrange et je mettrai ou

$$df(v,w)=f'(v)\,dv+f'(w)\,dw,$$

ou

$$df(v,w)=\frac{df(v)}{dv}\,dv+\frac{df(w)}{dw}\,dw;$$

de plus je désignerai les valeurs que prennent $f'(v)$ et $f'(w)$ pour $v=w=0$ par $f'(v)_0$ et $f'(w)_0$.

De l'égalité entre le premier et le troisième membre de l'équation double (102,1) et de celle entre les deux premiers membres de l'équation (103,1), on obtient de cette manière les formules suivantes :

$$(104)\quad \begin{cases} 1:\ \vartheta_{1,0}\vartheta_{2,0}\vartheta^2_{0,0}(v,w)\dfrac{d\frac{\vartheta_{1,0}(v,w)}{\vartheta_{0,0}(v,w)}}{dv}=\vartheta_{0,0}\vartheta'_{1,2}(v)_0\vartheta_{2,2}(v,w)\vartheta_{2,2}(v,w)-\vartheta_{0,2}\vartheta'_{1,2}(v)_0\vartheta_{2,2}(v,w) \\ 2:\ \vartheta_{1,0}\vartheta_{2,0}\vartheta^2_{0,0}(v,w)\dfrac{d\frac{\vartheta_{1,0}(v,w)}{\vartheta_{0,0}(v,w)}}{dw}=\vartheta_{0,0}\vartheta'_{1,2}(w)_0\vartheta_{2,2}(v,w)\vartheta_{2,2}(v,w)-\vartheta_{0,2}\vartheta'_{1,2}(w)_0\vartheta_{2,2}(v,w) \end{cases}$$

$$1;\ \vartheta_{2,0}\,\vartheta_{0,0}\,\vartheta^{2}{}_{0,0}\,(v,w)\,\frac{d\dfrac{\vartheta_{2,0}(v,w)}{\vartheta_{0,0}(v,w)}}{dv}=\vartheta_{3,3}\vartheta'_{1,3}(v)_0\vartheta_{3,3}(v,w)\vartheta_{1,3}(v,w)-\vartheta_{1,2}\vartheta'_{1,2}(v)_0\vartheta_{1,2}(v,w)\vartheta_{3}(v,w)$$

$$2;\ \vartheta_{2,0}\,\vartheta_{0,0}\,\vartheta^{2}{}_{0,0}\,(v,w)\,\frac{d\dfrac{\vartheta_{2,0}(v,w)}{\vartheta_{0,0}(v,w)}}{dw}=\vartheta_{3,3}\vartheta'_{1,3}(w)_0\vartheta_{1,3}(v,w)\vartheta_{1,3}(v,w)-\vartheta_{1,2}\vartheta'_{1,2}(w)_0\vartheta_{1,2}(v,w)\vartheta_{2}(v,w).$$

auxquelles je me bornerai.

7.

Si l'on met dans ces équations pour les fonctions $\frac{\vartheta_{r,s}(v,w)}{\vartheta_{0,0}(v,w)}$ les expressions algébriques (97) en x_1 et x_2, elles donnent les expressions des quotients différentiels

$$\frac{d\sqrt{x_1x_2}}{dv},\qquad \frac{d\sqrt{x_1x_2}}{dw},\qquad \frac{d\sqrt{(1-x_1)(1-x_2)}}{dv},\qquad \frac{d\sqrt{(1-x_1)(1-x_2)}}{dw},$$

par des fonctions symétriques de x_1 et de x_2 et par conséquent celles de dv et de dw aussi. Pour démontrer que l'on obtient de cette manière en effet

$$(106)\qquad \begin{cases} 1;\ dv=\dfrac{B+Cx_1}{\varepsilon_1\sqrt{(x_1k\lambda\mu)}}\,dx_1+\dfrac{B+Cx_2}{\varepsilon_2\sqrt{(x_2k\lambda\mu)}}\,dx_2, \\ 2;\ dw=\dfrac{B'+C'x_1}{\varepsilon_1\sqrt{(x_1k\lambda\mu)}}\,dx_1+\dfrac{B'+C'x_2}{\varepsilon_2\sqrt{(x_2k\lambda\mu)}}\,dx_2, \end{cases}$$

où B, C, B′, C′ sont des constantes et où ε_1 et ε_2 représentent les signes + ou − de $\sqrt{(x_1k\lambda\mu)}$ et de $\sqrt{(x_2k\lambda\mu)}$, je considère les équations semblables

$$(107)\qquad \begin{cases} du=\dfrac{1-\lambda^2x_1}{\varepsilon_1\sqrt{(x_1k\lambda\mu)}}\,dx_1+\dfrac{1-\lambda^2x_2}{\varepsilon_2\sqrt{(x_2k\lambda\mu)}}\,dx_2, \\ du'=\dfrac{1-\mu^2x_1}{\varepsilon_1\sqrt{(x_1k\lambda\mu)}}\,dx_1+\dfrac{1-\mu^2x_2}{\varepsilon_2\sqrt{(x_2k\lambda\mu)}}\,dx_2. \end{cases}$$

On aura

$$du=a\,dv+b\,dw$$
$$du'=a'\,dv+b'\,dw$$

et par conséquent, si l'on désigne par f une fonction quelconque de v et de w : $\frac{df}{dv} = a\frac{df}{du} + a'\frac{df}{du'}$ $\quad \frac{df}{dw} = b\frac{df}{du} + b'\frac{df}{du'}$.

Les équations (107) donnent

$$(108)\quad \begin{cases} \dfrac{dx_1}{du} = \dfrac{1-\mu^2x_2\,.\,\varepsilon_1\sqrt{(x_1k\lambda\mu)}}{\mu^2\,.\,x_2-x_1}, & \dfrac{dx_1}{du} = -\dfrac{1-\lambda^2x_2\,.\,\varepsilon_1\sqrt{(x_1k\lambda\mu)}}{\mu^2\,.\,x_2-x_1}, \\ \dfrac{dx_2}{du} = -\dfrac{1-\mu^2x_1\,.\,\varepsilon_2\sqrt{(x_2k\lambda\mu)}}{\mu_\lambda{}^2\,.\,x_2-x_1}, & \dfrac{dx_2}{du} = \dfrac{1-\lambda^2x_1\,.\,\varepsilon_2\sqrt{(x_2k\lambda\mu)}}{\mu_\lambda{}^2\,.\,x_2-x_1}, \end{cases}$$

où pour rendre l'écriture des formules plus commode j'ai mis des points au lieu de parenthèses, lesquels indiquent que l'on doit multiplier tous les termes qui sont avant le point avec tous ceux qui le suivent.

On a par conséquent

$$(109)\quad \begin{cases} \dfrac{d\sqrt{x_1x_2}}{du} = \dfrac{\sqrt{1-\mu^2x_1\,.\,1-\mu^2x_2}\sqrt{x_1x_2}\sqrt{1-\mu^2x_1\,.\,1-\mu^2x_2}}{2\,\mu^2{}_\lambda\,.\,x_2-x_1}\,. \left\{\dfrac{\varepsilon_1\sqrt{(x_1k\lambda\mu)}}{x_1\,.\,1-\mu^2x_1} - \dfrac{\varepsilon_2\sqrt{(x_2}}{x_2\,.\,1-\mu^2}\right. \\ \dfrac{d\sqrt{x_1x_2}}{du} = -\dfrac{\sqrt{1-\lambda^2x_1\,.\,1-\lambda^2x_2}\sqrt{x_1x_2}\sqrt{1-\lambda^2x_1\,.\,1-\lambda^2x_2}}{2\,\mu^2{}_\lambda\,.\,x_2-x_1} \left\{\dfrac{\varepsilon_1\sqrt{(x_1k\lambda\mu)}}{x_1\,.\,1-\lambda^2x} - \dfrac{\varepsilon_2\sqrt{(x_2}}{x_2\,.\,1-\right. \\ \dfrac{d\sqrt{1-x_1\,.\,1-x_2}}{du} = -\dfrac{\sqrt{1-\mu^2x_1\,.\,1-\mu^2x_2}\sqrt{1-x_1\,.\,1-x_2}\sqrt{1-\mu^2x_1\,.\,1-\mu^2x_2}}{2\,\mu^2{}_\lambda\,.\,x_2-x_1} \left\{\dfrac{\varepsilon_1\sqrt{(x_1k\lambda\mu)}}{1-x_1\,.\,1-\mu^2x_1} - \dfrac{\varepsilon_2\sqrt{(x_2}}{1-x_2\,.\,1-\right. \\ \dfrac{d\sqrt{(1-x_1\,.\,1-x_2}}{du'} = \dfrac{\sqrt{1-\lambda^2x_1\,.\,1-\lambda^2x_2}\sqrt{1-x_1\,.\,1-x_2}\sqrt{1-\lambda^2x_1\,.\,1-\lambda^2x_2}}{2\,\mu^2\,.\,x_2-x_1} \left\{\dfrac{\varepsilon_1\sqrt{(x_1k\lambda\mu)}}{1-x_1\,.\,1-\lambda^2x_1} - \dfrac{\varepsilon_2\sqrt{(x_2}}{1-x_2\,.\,1-\right. \end{cases}$$

Or nous avons trouvé que si l'on met

$$i\sqrt{k\lambda\mu}\sqrt{x\,x_2} = \frac{\vartheta_{1,0}(v,w)}{\vartheta_{0,0}(v,w)}, \qquad \sqrt{1-x\,.\,1-x_2} = i\frac{\vartheta_{1,0}(v,w)}{\vartheta_{0,0}(v,w)},$$

on a aussi

$$\sqrt{\frac{k\lambda}{\mu_1\mu_k\mu^2}}\sqrt{1-\mu^2x_1\,.\,1-\mu^2x_2} = \frac{\vartheta_{3,3}(v,u)}{\vartheta_{0,0}(v,w)},$$

$$\sqrt{\frac{\mu k}{\lambda_1\mu_k\lambda_k}}\sqrt{1-\lambda^2x_1\,.\,1-\lambda^2x_2} = \frac{\vartheta_{3,3}(v,w)}{\vartheta_{0,0}(v,w)},$$

$$\frac{\sqrt{\lambda}\sqrt{x_1x_2}\sqrt{1-\lambda^2x_1\,.\,1-\lambda^2x_2}}{\sqrt{\lambda_1\mu_k\lambda_k}\quad(x_2-x_1)} \left\{\frac{\varepsilon_1\sqrt{(x_1k\lambda\mu)}}{x_1\,.\,1-\lambda^2x_1} - \frac{\varepsilon_2\sqrt{(x_2k\lambda\mu)}}{x_2\,.\,1-\lambda^2x_2}\right. = \frac{\vartheta_{3,3}(v,u)}{\vartheta_{0,0}(v,u)}$$

$$\frac{\sqrt{\mu}\sqrt{x_1x_2}\sqrt{1-\mu^2x_1\,.\,1-\mu^2x_2}}{\sqrt{\mu_1\mu_k\mu_\lambda}\;(x_2-x_1)}\left\{\frac{\varepsilon_1\sqrt{(x_1k\lambda\mu)}}{x_1\,.\,1-\mu^2x_1}-\frac{\varepsilon_2\sqrt{(x_2k\lambda\mu)}}{x_2\,.\,1-\mu^2x_2}\right\}=\frac{\varphi_{2,3}(v,w)}{\varphi_{0,0}(v,w)},$$

$$\frac{\sqrt{\lambda}\sqrt{1-x_1\,.\,1-x_2}\sqrt{1-\lambda^2x_1\,.\,1-\lambda^2x_2}}{\sqrt{\mu_1k_1\mu_\lambda k_\lambda}\;(x_2-x_1)}\left\{\frac{\varepsilon_1\sqrt{(x_1k\lambda\mu)}}{1-x_1\,.\,1-\lambda^2x_1}-\frac{\varepsilon_2\sqrt{(x_2k\lambda\mu)}}{1-x_2\,.\,1-\lambda^2x^2}\right\}=\frac{\varphi_{1,2}(v,w)}{\varphi_{0,0}(v,w)},$$

$$\frac{\sqrt{\mu}\sqrt{1-x_1\,.\,1-x_2}\sqrt{1-\mu^2x_1\;\;1-\mu^2x_2}}{\sqrt{k_1\lambda_2\mu_k\mu_\cdot}\;\;(x_2-x_1)}\left\{\frac{\varepsilon_1\sqrt{(x_1k\lambda\mu)}}{1-x_1\,.\,1-\mu^2x_1}-\frac{\varepsilon_2\sqrt{(x_2k\lambda\mu)}}{1-x_2\,.\,1-\mu^2x_2}\right\}=\frac{\varphi_{1,3}(v,w)}{\varphi_{0,0}(v,w)},$$

il suit donc des équations (109)

$$(110)\quad\begin{cases}\sqrt{k\lambda\mu}\;\dfrac{d\sqrt{x_1x_2}}{du}=\dfrac{\mu_1\mu_k}{2\mu_\lambda}\dfrac{\varphi_{3,2}(v,w)}{\varphi_{0,0}(v,w)}\dfrac{\varphi_{2,3}(v,w)}{\varphi_{0,0}(v,w)}, & \mu_1=\dfrac{\varphi_{0,0}}{\varphi_{3,3}}\dfrac{\varphi_{0,3}}{\varphi},\\[2ex] \sqrt{k\lambda\mu}\;\dfrac{d\sqrt{x_1x_2}}{du'}=-\dfrac{\lambda_1\lambda_k}{2\mu_\lambda}\dfrac{\varphi_{3,2}(v,w)}{\varphi_{0,0}(v,w)}\dfrac{\varphi_{2,2}(v,w)}{\varphi_{0,0}(v,w)}, & \lambda_1=\dfrac{\varphi_{0,0}}{\varphi_{3,2}}\dfrac{\varphi_{1,2}}{\varphi_{1,2}},\\[2ex] \sqrt{\dfrac{k\lambda\mu}{k_1\lambda_1\mu_1}}\;\dfrac{d\sqrt{1-x_1\,.\,1-x_2}}{du}=-\dfrac{\mu_k}{2\mu_\lambda}\dfrac{\varphi_{3,3}(v,w)}{\varphi_{0,0}(v,w)}\dfrac{\varphi_{1,3}(v,w)}{\varphi_{0,0}(v,w)}, & \dfrac{\mu_\lambda}{\mu_k}=\dfrac{\varphi_{2,0}}{\varphi_{2,3}}\dfrac{\varphi_{0,0}}{\varphi_{0,3}},\\[2ex] \sqrt{\dfrac{k\lambda\mu}{k_k\lambda_1\mu_1}}\;\dfrac{d\sqrt{1-x_1\,.\,1-x_2}}{du'}=\dfrac{\lambda_k}{2\mu_\lambda}\dfrac{\varphi_{2,0}(v,w)}{\varphi_{0,0}(v,w)}\dfrac{\varphi_{1,2}(v,w)}{\varphi_{0,0}(v,w)}, & \dfrac{\mu_\lambda}{\lambda_k}=\dfrac{\varphi_{2,0}}{\varphi_{2,2}}\dfrac{\varphi_{0,0}}{\varphi_{0,2}}.\end{cases}$$

En comparant ces équations avec les formules (104) et (105) on voit que

$$(111)\quad\begin{cases} i\;\dfrac{d\sqrt{x_1x_2}}{dv}=\dfrac{2\mu_\lambda}{\mu_k}\dfrac{\varphi_{3,3}\,\varphi'_{1,3}\,(v)_0}{\varphi_{2,0}\,\varphi_{0,0}}\dfrac{d\sqrt{x_1x_2}}{du}+\dfrac{2\mu_\lambda}{\mu_k}\dfrac{\varphi_{3,2}\,\varphi_{1,2}\,(v)_0}{\varphi_{2,0}\,\varphi_{0,0}}\dfrac{d\sqrt{x_1x_2}}{du'},\\[2ex] i\;\dfrac{d\sqrt{x_1x_2}}{dw}=\dfrac{2\mu_\lambda}{\mu_k}\dfrac{\varphi_{3,3}\,\varphi'_{1,3}\,(w)_0}{\varphi_{2,0}\,\varphi_{0,0}}\dfrac{d\sqrt{x_1x_2}}{du}+\dfrac{2\mu_\lambda}{\mu_k}\dfrac{\varphi_{3,2}\,\varphi_{1,2}\,(w)_0}{\varphi_{2,0}\,\varphi_{0,0}}\dfrac{d\sqrt{x_1x_2}}{du'}\end{cases}$$

$$(112)\quad\begin{cases} i\;\dfrac{d\sqrt{1-x_1\,.\,1-x_2}}{dv}=\dfrac{2\mu_\lambda}{\mu_k}\dfrac{\varphi_{3,3}\varphi'_{1,3}(v)_0}{\varphi_{2,0}\varphi_{0,0}}\dfrac{d\sqrt{1-x_1\,.\,1-x_2}}{du}+\dfrac{2\mu}{\lambda_j}\dfrac{\varphi_{3,.}\varphi'_{1,2}(v)_0}{\varphi_{2,0}\varphi_{0,0}}\dfrac{d\sqrt{1-x_1\,.\,1-x}}{du'},\\[2ex] i\;\dfrac{d\sqrt{1-x_1\,.\,1-x_2}}{dw}=\dfrac{2\mu_\lambda}{\mu_k}\dfrac{\varphi_{3,3}\varphi'_{1,3}(w)_0}{\varphi_{2,0}\varphi_{0,0}}\dfrac{d\sqrt{1-x_1\,.\,1-x_2}}{du}+\dfrac{2\mu_\cdot}{\lambda_j}\dfrac{\varphi_{3,2}\varphi'_{1,2}(w)_0}{\varphi_{2,0}\varphi_{0,0}}\dfrac{d\sqrt{1-x_1\,.\,1-x_2}}{du}\end{cases}$$

et, par conséquent,

$$idu=adv+bdw,\qquad (ab'-ba')dv=ib'du-ibdu',$$
$$idu'=a'dv+b'dw,\qquad (ab'-ba')dw=-ia'du+iadu',$$

où

$$a=\frac{2\mu_k}{\mu_k}\frac{\varphi_{3,3}\varphi'_{1,3}(v)_0}{\varphi_{2,0}\varphi_{0,0}}=2\frac{\varphi_{3,3}\varphi_{1,3}(v)_0}{\varphi_{3,3}\varphi_{0,3}},\qquad a'=\frac{2\varphi_\lambda}{\lambda_k}\frac{\varphi_{3,2}\varphi'_{1,2}(v)_0}{\varphi_{2,0}\varphi_{0,0}}=2\frac{\varphi_{3,2}\varphi_{1,2}(v)_0}{\varphi_{0,2}\varphi_{2,2}},$$

$$b=\frac{2\mu_\lambda}{\mu_\lambda}\frac{\varphi_{3,3}\varphi'_{1,3}(w)_0}{\varphi_{2,0}\varphi_{0,0}}=2\frac{\varphi_{2,3}\varphi'_{1,3}(w)_0}{\varphi_{2,3}\varphi_{0,3}},\qquad b'=\frac{2\mu_\lambda}{\lambda_k}\frac{\varphi_{3,2}\varphi'_{1,2}(w)_0}{\varphi_{2,0}\varphi_{0,0}}=2\frac{\varphi_{3,2}\varphi'_{1,2}(w)_0}{\varphi_{0,2}\varphi_{2,2}};$$

et si l'on met

$$(113)\qquad\begin{cases} dv=\dfrac{B-Cx_1}{\varepsilon_1\sqrt{(x_1k\lambda\mu)}}\,dx_1+\dfrac{B-Cx_2}{\varepsilon_2\sqrt{(x_2k\lambda\mu)}}\,dx_2\\ dw=\dfrac{B'-C'x_1}{\varepsilon_1\sqrt{(x_1k\lambda\mu)}}\,dx_1+\dfrac{B'-C'x_2}{\varepsilon_2\sqrt{(x_2k\lambda\mu)}}\,dx_2 \end{cases}$$

on trouve :

$$B=i\frac{b'-b}{ab'-ba},\qquad C=i\frac{b'\lambda^2-b\mu^2}{ab'-ba'},$$

$$B'=i\frac{a-a'}{ab'-ba'},\qquad C'=i\frac{a\mu^2-a'\lambda^2}{ab'-ba'}.$$

De la table des formules on obtient

$$(114)\qquad \frac{b'-b}{2}\varphi_{2,3}\varphi_{0,3}\varphi_{0,3}\varphi_{2,2}=\varphi_{2,3}\varphi_{0,3}\varphi_{3,2}\varphi'_{1,2}(w)_0-\varphi_{3,3}\varphi_{0,2}\varphi_{2,2}\varphi'_{1,3}(w)_0$$
$$=\varphi_{0,0}\varphi_{1,1}\varphi_{2,0}\varphi'_{3,1}(w)_0$$

et cette équation subsiste encore, en mettant $\varphi'(v)_0$ pour $\varphi'(w)_0$ et a pour b, a' pour b'. Il y a vingt formules de la forme de la précédente, dont chacune est entre trois autres des six quantités $\varphi'_{r,1}(w)_0$, $\varphi'_{1,r}(w)_0$, et les mêmes équations doivent être encore satisfaites par les six quantités constantes $\varphi'_{r,1}(v)_0$, $\varphi'_{1,r}(v)_0$. Dans le nombre de ces formules, se trouve aussi la suivante :

$$(115)\qquad \frac{\lambda^2b'-\mu^2b}{2}\frac{\varphi^2_{3,0}}{\varphi^2_{2,0}}\varphi_{0,2}\varphi_{0,3}\varphi_{3,2}\varphi_{3,3}=\varphi_{0,3}\varphi_{2,2}\varphi_{3,3}\varphi'_{1,2}(w)_0-\varphi_{2,3}\varphi_{0,2}\varphi_{3,2}\varphi'_{1,3}(w)_0$$
$$=\varphi_{0,0}\varphi_{1,1}\varphi_{2,0}\varphi'_{3,1}(w)_0$$
$$\frac{\lambda^2a-\mu^2u}{2}\frac{\varphi^2_{3,0}}{\varphi^2_{2,0}}\varphi_{0,2}\varphi_{0,3}\varphi_{3,2}\varphi_{3,3}=\varphi_{0,0}\varphi_{1,1}\varphi_{2,0}\varphi'_{3,1}(v)_0.$$

En désignant par $\chi(v, w)$, $\psi(v, w)$, deux quelconques des six fonctions $\varphi_{r,s}(v, w)$ qui s'évanouissent pour $v=w=0$, on pourra exprimer rationnellement, par les valeurs que prennent les dix autres fonctions $\varphi_{r,s}$ pour $v=w=0$, la valeur de la déterminante fonctionnelle

$$\chi'(v)\,\psi'(w)-\psi'(v)\,\chi'(w)$$

pour les mêmes valeurs des arguments v et w. C'est au moyen des formules trouvées dans le chapitre II (numéro 8) que je suis parvenu à ces expressions, dont l'une est

$$\begin{aligned}\frac{ab'-ba'}{4}\cdot\frac{\varphi_{0,0}\varphi_{2,2}\varphi_{2,3}\varphi_{0,3}}{\varphi_{3,2}\varphi_{3,3}} &= \varphi'_{1,3}(v)_0\,\varphi'_{1,2}(w)_0-\varphi'_{1,3}(w)_0\,\varphi'_{1,2}(v)_0\\ &= \varphi_{1,1}\varphi_{0,0}\varphi_{2,0}\varphi_{3,0}\end{aligned}\tag{116}$$

De celle-là on peut aisément passer aux quatorze autres, au moyen des équations qui ont lieu entre trois quelconques des six quantités constantes $\varphi'_{1,r}(v)_0$, $\varphi'_{r,1}(v)_0$; car comme les quantités $\varphi'_{1,r}(w)_0$, $\varphi'_{r,1}(w)_0$, doivent satisfaire aux mêmes équations, on en obtient les raisons des valeurs que prennent les quinze expressions

$$\chi'(v)\,\psi'(w)-\chi'(w)\,\psi'(v)$$

pour $v=0$, $w=0$.

On a donc, d'après ces formules,

$$2\mathrm{B}=-2i\frac{b'-b}{ab'-ba'}=i\frac{\varphi'_{3,1}(w)_0}{\varphi_{3,0}\varphi_{3,2}\varphi_{3,3}},\qquad 2\mathrm{B}'=2i\frac{a-a'}{ab'-ba'}=-i\frac{\varphi'_{3,1}(v)_0}{\varphi_{3,0}\varphi_{3,2}\varphi_{3,3}}$$

$$2\mathrm{C}=2i\frac{b'\lambda^2-b\mu^2}{ab'-ba'}=i\frac{\varphi_{2,0}\varphi_{3,2}\varphi_{2,3}}{\varphi_{3,0}\varphi_{3,2}\varphi_{3,3}}\frac{\varphi'_{2,1}(w)_0}{\varphi_{3,0}\varphi_{3,2}\varphi_{3,3}}=i\sqrt{k\lambda\mu}\,\frac{\varphi'_{2,1}(w)_0}{\varphi_{3,0}\varphi_{3,2}\varphi_{3,3}}$$

$$2\mathrm{C}'=2i\frac{a\mu^2-a'\lambda^2}{ab'-ba'}=-i\frac{\varphi_{2,0}\varphi_{2,2}\varphi_{2,3}}{\varphi_{3,0}\varphi_{3,2}\varphi_{3,3}}\frac{\varphi'_{2,1}(v)_0}{\varphi_{3,0}\varphi_{3,2}\varphi_{3,3}}=-i\sqrt{k\lambda\mu}\,\frac{\varphi'_{2,1}(v)_0}{\varphi_{3,0}\varphi_{3,2}\varphi_{3,3}}$$

Dans la théorie des fonctions elliptiques, il y a entre les quatre fonctions $\Theta_r(v, q)$ analogues aux fonctions $\varphi_{r,s}(v, w)$, une seule qui s'évanouit pour $v=0$, savoir, $\Theta_1(v, q)$; des quotients différentiels $\Theta'_r(v)$, au contraire, $\Theta'_1(v)$ est la seule qui ne s'évanouisse

pas pour $v=0$; mais on peut exprimer $\Theta'_1(0)$ au moyen de l'équation connue $\Theta'_1(0) = \Theta(0)\,\Theta_2(0)\,\Theta_3(0)$ par les trois fonctions $\Theta_r(0)$. Dans la théorie des fonctions ultra-elliptiques, la propriété analogue des fonctions $\varphi_{r,s}(v, w)$ est représentée par les équations de la forme (116). Les quotients différentiels partiels $\varphi'_{2,1}(v)_0$, $\varphi'_{2,1}(w)_0$, $\varphi'_{3,1}(v)_0$, $\varphi'_{3,1}(w)_0$, considérés en eux-mêmes, ne peuvent pas être réduits aux valeurs $\varphi_{r,s}(0,0)$, mais la déterminante fonctionnelle, qui s'en compose, a encore conservé cette propriété de la fonction $\Theta'_1(v)$; ce qui est conforme à l'analogie parfaite qui règne entre les quotients différentiels des fonctions d'une variable et les déterminantes fonctionnelles, et qui est démontrée par M. Jacobi dans les excellents mémoires que ce célèbre géomètre a publiés sur ce sujet.

En prenant dans les équations précédentes u et u' réelles, v et w deviennent imaginaires de la forme it, it', et l'on voit par l'équation quadratique dont x_1 et x_2 sont les racines, que, dans ce cas, ces racines sont l'une entre 0 et 1, l'autre entre $\frac{1}{k^2}$ et $\frac{1}{\lambda^2}$; et au moyen des expressions de x_1, x_2 en t et t', on a sans difficulté les équations :

$$\frac{i\pi}{2} = \mathrm{B}\int_0^1 \frac{dx}{\sqrt{(x\,k\,\lambda\,\mu)}} - \mathrm{C}\int_0^1 \frac{x\,dx}{\sqrt{(x\,k\,\lambda\,\mu)}},$$

$$0 = \mathrm{B}\int_{\frac{1}{k^2}}^{\frac{1}{\lambda^2}} \frac{dx}{\sqrt{(x\,k\,\lambda\,\mu)}} - \mathrm{C}\int_{\frac{1}{k^2}}^{\frac{1}{\lambda^2}} \frac{x\,dx}{\sqrt{(x\,k\,\lambda\,\mu)}},$$

$$0 = \mathrm{B}'\int_0^1 \frac{dx}{\sqrt{(x\,k\,\lambda\,\mu)}} - \mathrm{C}'\int_0^1 \frac{x\,dx}{\sqrt{(x\,k\,\lambda\,\mu)}},$$

$$\frac{i\pi}{2} = \mathrm{B}'\int_{\frac{1}{k^2}}^{\frac{1}{\lambda^2}} \frac{dx}{\sqrt{(x\,k\,\lambda\,\mu)}} - \mathrm{C}'\int_{\frac{1}{k^2}}^{\frac{1}{\lambda^2}} \frac{x\,dx}{\sqrt{(x\,k\,\lambda\,\mu)}}.$$

Si u et u' ont le facteur i, v et w sont réelles, et l'on trouve, pour les expressions algébriques de x_1, x_2, des développements en v et w tout différents de ceux que l'on a pour le cas précédent.

On pourra cependant donner aux équations entre v, w et les intégrales ultra-elliptiques la forme du cas précédent, si l'on passe au moyen du théorème III du numéro 5 du chapitre II, aux modules complémentaires μ_1, λ_1, k_1. Les limites des intégrales transformées sont dans les intervalles 0 et 1 et $\frac{1}{\mu_1^2}$ et $\frac{1}{\lambda_1^2}$; et, de la même manière que dans les cas précédents, on trouve les équations entre les intégrales définies étendues sur les intervalles complets.

Puis, en retournant aux modules k, λ, μ, ces équations prennent la forme

$$\frac{1}{2}\log p = \mathrm{B}\int_{-\infty}^{0}\frac{dx}{\sqrt{(xk\lambda\mu)}} - \mathrm{C}\int_{-\infty}^{0}\frac{x\,dx}{\sqrt{(xk\lambda\mu)}},$$

$$\mathrm{A} = \mathrm{B}'\int_{-\infty}^{0}\frac{dx}{\sqrt{(xk\lambda\mu)}} - \mathrm{C}'\int_{-\infty}^{0}\frac{x\,dx}{\sqrt{(xk\lambda\mu)}},$$

$$\mathrm{A} = \mathrm{B}\int_{\frac{1}{\lambda^2}}^{\frac{1}{\mu^2}}\frac{dx}{\sqrt{(xk\lambda\mu)}} - \mathrm{C}\int_{\frac{1}{\lambda^2}}^{\frac{1}{\mu^2}}\frac{x\,dx}{\sqrt{(xk\lambda\mu)}},$$

$$\frac{1}{2}\log q = \mathrm{B}'\int_{\frac{1}{\lambda^2}}^{\frac{1}{\mu^2}}\frac{dx}{\sqrt{(xk\lambda\mu)}} - \mathrm{C}'\int_{\frac{1}{\lambda^2}}^{\frac{1}{\mu^2}}\frac{x\,dx}{\sqrt{(xk\lambda\mu)}}.$$

En éliminant de ces huit équations entre les intégrales définies les constantes A, B, C, A′, B′, C′, on a

$$0 = \int_{-\infty}^{0}\frac{x\,dx}{\sqrt{(xk\lambda\mu)}}\int_{0}^{1}\frac{dx}{\sqrt{(xk\lambda\mu)}} - \int_{-\infty}^{0}\frac{dx}{\sqrt{(xk\lambda\mu)}}\int_{0}^{1}\frac{x\,dx}{\sqrt{(xk\lambda\mu)}}$$
$$- \int_{\frac{1}{k^2}}^{\frac{1}{\lambda^2}}\frac{x\,dx}{\sqrt{(xk\lambda\mu)}}\int_{\frac{1}{\lambda^2}}^{\frac{1}{\mu^2}}\frac{dx}{\sqrt{(xk\lambda\mu)}} + \int_{\frac{1}{k^2}}^{\frac{1}{\lambda^2}}\frac{dx}{\sqrt{(xk\lambda\mu)}}\int_{\frac{1}{\lambda^2}}^{\frac{1}{\mu^2}}\frac{x\,dx}{\sqrt{(xk\lambda\mu)}},$$

ou

$$(118)\quad 0 = \int_{-\infty}^{\cdot} \int^{\cdot} \frac{(x-y)\,dx\,dy}{\sqrt{-(x\,k\,\lambda\,\mu)\,(y\,k\,\lambda\,\mu)}} - \int_{\frac{1}{k^2}}^{\frac{1}{\lambda^2}} \int_{\frac{1}{\lambda^2}}^{\frac{1}{\mu^2}} \frac{(x-y)\,dx\,dy}{\sqrt{-(x\,k\,\lambda\,\mu)\,(y\,k\,\lambda\,\mu)}}.$$

Voilà la nouvelle relation entre les intégrales définies dont j'ai déjà fait mention. Pour prouver qu'elle a lieu identiquement, c'est-à-dire indépendamment des valeurs de k, λ, μ, j'ai d'abord essayé de la déduire au moyen du théorème Abélien sur l'addition des intégrales des fonctions algébriques qui, d'après une remarque de M. Jacobi, peut être étendu aux intégrales multiples; mais je n'en tirai que le résultat négatif, que l'équation

$$0 = \frac{(x-y)\,dx\,dy}{\sqrt{-(x\,k\,\lambda\,\mu)\,.\,(y\,k\,\lambda\,\mu)}} - \frac{(x_1-y_1)\,dx_1\,dy_1}{\sqrt{-(x_1\,k\,\lambda\,\mu)\,.\,(y_1\,k\,\lambda\,\mu)}}$$

n'avait point d'intégrale algébrique si les variables $x\ y\ x_1\ y_1$ sont dans les intervalles dont il s'agit. J'eus donc recours au développement en séries, et en développant les deux intégrales doubles suivant les puissances de $\lambda^2-\mu^2$, je trouvai toutes les deux égales à la même série. Mais la comparaison des deux développements et la déduction de ces derniers exigent aussi un calcul très-fatigant, et il est très-difficile d'en mettre les termes généraux sous une forme élégante. Il me vient donc fort à propos d'en trouver une démonstration directe qui sans le moindre calcul et par la seule force du raisonnement, montre que l'équation (116) a lieu indépendamment des valeurs des modules k, λ, μ. Elle est fondée sur les propriétés des fonctions continues d'un sens équivoque, c'est pourquoi je dirai préalablement quelques mots sur ces fonctions.

Je nomme fonction de x à sens équivoque une fonction dont la définition comprend plusieurs fonctions à la fois. Elle aura donc en général pour chaque valeur de la variable, autant de valeurs qu'elle permet d'interprétations différentes, et de

même donnera autant de différents systèmes de valeurs continues, si l'on fait varier continûment l'argument x. Mais si l'on définit la valeur de la fonction pour $x=a$ d'une manière invariable en déterminant que l'on doit prendre la valeur de la fonction correspondante à $x=a$ dans un système certain, il n'y aura point d'incertitude non plus sur les valeurs de la fonction qui répondent aux valeurs de x peu différentes de a. Car, selon le principe de continuité, à une marche continue de la variable doit toujours répondre une variation continue de la fonction. On ne pourra donc pas, sans solution arbitraire de continuité, passer d'un système de valeurs de la fonction à un autre, à moins que, dans sa marche continue, l'argument x ne soit arrivé à une valeur b pour laquelle deux où plusieurs de ces systèmes donnent les mêmes valeurs. Une telle valeur b une fois atteinte, la même incertitude commence encore et l'on pourra de nouveau choisir arbitrairement le système dans lequel on doit prendre les valeurs de la fonction répondant aux valeurs de l'argument x peu différentes de b. Il y a cependant des cas où l'on pourra empêcher les retours *réitérés* de cette incertitude en resserrant la définition de la fonction dans des limites plus étroites, qui rendront moins arbitraire le choix entre les systèmes différents.

Appliquons ces principes à l'intégrale

$$\int_{-\infty}^{x} \frac{A+Bx}{\sqrt{X}}\,dx$$

où

$$X=a_1-x\,.\,a_2-x\,.\,a_3-x\,.\,a_4-x\,.\,a_5-x\,.\,a_6-x$$

et

$$a_1<a_2<a_3<a_4<a_5<a.$$

Cette intégrale n'a point de sens déterminé, à moins que l'on

ne soit convenu du signe de la racine carrée pour chaque intervalle limité par a_m et a_{m+1}. Mais, d'après la définition d'une intégrale comme somme continue, on peut considérer de deux manières différentes l'intégrale proposée, et l'intégrale d'une fonction à sens équivoque en général. Dans l'une, on considère l'intégrale de deux fonctions $+\frac{A+Bx}{\sqrt{X}}$, $-\frac{A+Bx}{\sqrt{X}}$ comprises dans le même signe $\frac{A+Bx}{\sqrt{X}}$ indifféremment, en y ayant seulement égard à ce que l'on conserve le principe de continuité en ne changeant le signe de la fonction à intégrer qu'aux limites d'un intervalle a_m, a_{m+1}. Sous ce point de vue, qui n'a rien qui répugne à la définition d'une intégrale, l'intégrale proposée peut avoir toute valeur possible réelle ou imaginaire, car étant arrivé de a_m à a_{m+1} on pourra, sans violer la loi de continuité, retourner tant de fois que l'on voudra à a_m et de là encore à a_{m+1}, et changer le signe de la fonction à intégrer toutes les fois que l'on est arrivé à l'une de ces valeurs, pourvu que l'on s'arrête enfin à la limite supérieure x de l'intégrale demandée.

C'est de cette manière que M. Jacobi a démontré dans ses leçons que la limite de l'intégrale proposée est une fonction périodique de cette intégrale même.

Sous l'autre point de vue, au contraire, on ne considère que l'intégrale de l'une des deux fonctions comprises dans le même signe $\sqrt{X}$. Ayant donc choisi celle dont on veut trouver l'intégrale tout est déterminé, si les limites de l'intégration ne surpassent pas celles de l'intervalle a_m a_{m+1}; elles pourront même les atteindre sans que pour cela il y ait incertitude de signe; car arrivé à a_{m+1} on ne pourra pas, comme dans l'autre cas, retourner à a_m après avoir changé le signe, parce que celui-ci est, pour cet intervalle du moins, déterminé d'avance par la définition de $\sqrt{X}$. Mais si l'intégration doit être étendue plus loin, le choix du signe devient arbitraire; cependant, on peut toujours dès le commencement poser la définition de celle des deux fonctions à signes opposés, dont

on veut trouver l'intégrale, de manière que le choix ne soit arbitraire que pour une seule limite a_m de deux intervalles consécutifs.

Je définis pour cela $\sqrt{X}$ comme le produit des six facteurs $\sqrt{a_m - x}$ et je fais dépendre le signe de $\sqrt{X}$ des signes de ces facteurs simples. Pour que celà soit possible d'une manière parfaitement déterminée, je dis, que des deux valeurs de $\sqrt{a_m - x}$ je ne veux considérérer que celle f_m qui est positive, si x se trouve entre $-\infty$ et a_m et je demande la valeur de l'intégrale $\int_{-\infty}^{x} \frac{(A+Bx)\,dx}{f_1 f_2 f_3 f_4 f_5 f_6}$ comme si les facteurs f_m étaient des fonctions de x tout à fait déterminées. La seule difficulté est alors de dire quelle est la valeur d'une fonction f_m, définie comme égale à $+\sqrt{a_m - x}$ pour $-\infty < x < a_m$, quand a_m est surpassé par x. Et c'est là où survient le choix arbitraire du signe, car on peut dire que pour $a_m < x < +\infty$ la valeur de la fonction f_m [définie comme positive pour l'autre intervalle] est ou $+ i\sqrt{x - a_m}$ ou $- i\sqrt{x - a_m}$; mais le choix fait entre ces deux valeurs pour l'une des fonctions f_m doit après la définition, égale pour toutes, être le même pour les autres; soient donc

$$-\infty < x_0 < a_1, \quad a_1 < x_1 < a_2, \quad a_2 < x_2 < a_3, \quad a_3 < x_3 < a_4,$$
$$a_4 < x_4 < a_5, \quad a_5 < x_5 < a_6, \quad a_6 < x_6 < \infty;$$

et $\sqrt{X_0}$, $\sqrt{X_1}$, $\sqrt{X_2}$, $\sqrt{X_3}$, $\sqrt{X_4}$, $\sqrt{X_5}$, $\sqrt{X_6}$ les valeurs que prend $\sqrt{X}$ en y mettant suivant l'ordre x_0, x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, x_6 pour x: d'après la définition donnée on a

$$\sqrt{X_0} = \sqrt{a_1 - x_0 . a_2 - x_0 . a_3 - x_0 . a_4 - x_0 . a_5 - x_0 \,.\, a_6 - x_6}$$
$$\sqrt{X_1} = i\sqrt{x_1 - a_1 . a_2 - x_1 . a_3 - x_1 . a_4 - x_1 . a_5 - x_1 \,.\, a_6 - x_1}$$
$$\sqrt{X_2} = -\sqrt{x_2 - a_1 . x_2 - a_2 . a_3 - x_2 . a_4 - x_2 . a_5 - x_2 \,.\, a_6 - x_2}$$

$$\sqrt{X_3} = -i\sqrt{x_3 - a_1.x_3 - a_2.x_3 - a_3.a_4 - x_3.a_5 - x_3.a_6 - x_3}$$

$$\sqrt{X_4} = +\sqrt{x_4 - a_1.x_4 - a_2.x_4 - a_3.x_4 - a_4.a_5 - x_4.a_6 - x_4}$$

$$\sqrt{X_5} = i\sqrt{x_5 - a_1.x_5 - a_2.x_5 - a_3.x_5 - a_4.x_5 - a_5.a_6 - x_5}$$

$$\sqrt{X_6} = -\sqrt{x_6 - a_1.x_6 - a_2.x_6 - a_3.x_6 - a_4.x_6 - a_5.x_6 - a_6}$$

et par conséquent

$$\int_{-\infty}^{+\infty} \frac{A+Bx}{\sqrt{X}}\,dx = \int_{-\infty}^{a_1} \frac{(A+Bx_0)}{\sqrt{X_0}}dx_0 + \int_{a_2}^{a_3} \frac{(A+Bx_2)}{\sqrt{X_2}}dx_2 + \int_{a_4}^{a_5} \frac{(A+Bx_3)}{\sqrt{X_4}}dx_4$$

$$+ \int_{a_1}^{a_2} \frac{A+Bx_1}{\sqrt{X_1}}\,dx_1 + \int_{a_3}^{a_4} \frac{A+Bx_3}{\sqrt{X_3}}\,dx_3 + \int_{a_5}^{a_6} \frac{A+Bx_5}{\sqrt{X_5}}\,dx_5 + \int_{a_6}^{\infty} \frac{A+Bx_6}{\sqrt{X_6}}\,dx$$

Le premier membre de cette équation est égal à zéro, parce que les limites de l'intégrale coïncident, si l'on met $\frac{1}{x}$ pour x; le second membre a la forme $M+Ni$, on a donc, en mettant encore

$$\int_{a_6}^{\infty} \frac{(A+Bx_6)}{\sqrt{X_6}}\,dx_6 + \int_{-\infty}^{a_1} \frac{(A+Bx_0)}{\sqrt{X_0}}\,dx_0 - \int_{a_6}^{a_5} \frac{(A+Bx_6)}{\sqrt{X_6}}\,dx_6,$$

$$0 = \int_{a_1}^{a_2} \frac{(A+Bx_1)}{\sqrt{X_1}}\,dx_1 + \int_{a_3}^{a_4} \frac{(A+Bx_3)}{\sqrt{X_3}}\,dx_3 + \int_{a_5}^{a_6} \frac{(A+Bx_5)}{\sqrt{X_5}}\,dx_5,$$

$$0 = \int_{a_2}^{a_3} \frac{(A+Bx_2)}{\sqrt{X_2}}\,dx_2 + \int_{a_4}^{a_5} \frac{(A+Bx_4)}{\sqrt{X_4}}\,dx_4 + \int_{a_6}^{a_1} \frac{(A+Bx_6)}{\sqrt{X_6}}\,dx_6.$$

Chacune de ces équations tient lieu, comme l'on sait, de deux équations, parce que ces sommes doivent s'évanouir indépendamment des valeurs de A et B. En y mettant pour les six quantités $\sqrt{X_m}$ leurs valeurs, on obtient ces équations dans la forme sous laquelle elles sont données par M. Jacobi dans son fameux mémoire sur les fonctions à quatre périodes.

Des quatre équations contenues dans les deux dernières, on tire immédiatement

$$M = \int_{a_1}^{a_2}\int_{a_3}^{a_4}\frac{(x_1-y_1)\,dx_1\,dy_2}{\sqrt{X_1}\,\sqrt{Y_2}} + \int_{a_5}^{a_6}\int_{a_7}^{a_8}\frac{(x_5-y_5)\,dx_5\,dy_8}{\sqrt{X_5}\,\sqrt{Y_8}},$$

$$M = \int_{a_2}^{a_3}\int_{a_4}^{a_5}\frac{(x_2-y_2)\,dx_3\,dy_4}{\sqrt{X_2}\,\sqrt{Y_4}} + \int_{a_6}^{a_7}\int_{a_8}^{a_1}\frac{(x_6-y_6)\,dx_7\,dy_8}{\sqrt{X_6}\,\sqrt{Y_8}},$$

$$M = \int_{a_3}^{a_4}\int_{a_5}^{a_6}\frac{(x_3-y_3)\,dx_5\,dy_6}{\sqrt{X_3}\,\sqrt{Y_6}} + \int_{a_7}^{a_8}\int_{a_1}^{a_2}\frac{(x_7-y_7)\,dx_1\,dy_2}{\sqrt{X_7}\,\sqrt{Y_2}},$$

où $\sqrt{Y_m}$ et la même fonction de y_m que celle que $\sqrt{X_m}$ est de x_m.

Cette somme M de deux intégrales doubles, représentée sous les trois formes précédentes, est toujours égale à zéro.

Pour le prouver, je remarque d'abord que la valeur de M ne dépend que des différences des six quantités a_m, car en substituant $v-b$ pour x, $w-b$ pour y_m on a le même résultat que si l'on avait mis a_m+b pour a_m. Or M est aussi une fonction symétrique des six quantités a_m, car elle ne varie point si l'on met deux quelconques d'entre elles, l'une à la place de l'autre. Cela se voit sans peine en considérant premièrement que des trois expressions données pour M, chacune prend la forme de la suivante et la troisième celle de la première si l'on met pour chaque quantité a_m, la suivante a_{m+1} et pour la sixième a_6, la première a_1; et en remarquant ensuite que M ne varie pas non plus si l'on échange (suivant l'ordre) a_1 contre trois quelconques des cinq autres quantités a_m. La démonstration de cette dernière propriété est facilitée beaucoup, si l'on choisit convenablement la forme M sur laquelle on veut faire ledit changement; et comme l'intégrale dont il s'agit s'évanouit si les limites supérieures et les limites inférieures sont égales entre elles, on peut aussi se convaincre sans peine que M a en effet la seconde propriété. On y doit seulement avoir égard

aux valeurs différentes $\sqrt{X_m}$ que $\sqrt{X}$ a dans les intervalles différents limités par a_m et a_{m+1}, et à la définition de $\sqrt{a_m - x}$.

M est une fonction symétrique des quantités a_m et ne dépend en même temps que des différences de ces quantités; elle doit donc seulement dépendre des carrés de ces différences, et par conséquent ne variera pas si l'on met $-a_m$ pour chacune de six quantités a_m. Or, en substituant $-x$ et $-y$ pour x et y, on a le même résultat qui si l'on avait mis $-a_m$ pour a_m, et néanmoins par cette substitution M se change en $-M$; on a donc $M = -M$ ou $M = 0$.

Si l'on met enfin $\sqrt{X_m} = i^m \sqrt{X}$, $\sqrt{Y_m} = i^m \sqrt{Y}$ pour exprimer les formules par les signes usités, on obtient

$$0 = \int_{a_1}^{a_2}\int_{a_2}^{a_3} \frac{(x-y)\,dx\,dy}{\sqrt{-XY}} - \int_{a_4}^{a_5}\int_{a_5}^{a_6} \frac{(x-y)\,dx\,dy}{\sqrt{-XY}},$$

$$0 = \int_{a_2}^{a_3}\int_{a_3}^{a_4} \frac{(x-y)\,dx\,dy}{\sqrt{-XY}} - \int_{a_5}^{a_6}\int_{a_6}^{a_1} \frac{(x-y)\,dx\,dy}{\sqrt{-XY}},$$

$$0 = \int_{a_3}^{a_4}\int_{a_4}^{a_5} \frac{(x-y)\,dx\,dy}{\sqrt{-XY}} + \int_{a_6}^{a_1}\int_{a_1}^{a_2} \frac{(x-y)\,dx\,dy}{\sqrt{-XY}},$$

et en mettant $a_1 = -\infty$, $a_2 = 0$, $a_3 = 1$, $a_4 = \frac{1}{k^2}$, $a_5 = \frac{1}{\lambda^2}$, $a_6 = \frac{1}{\mu^2}$,

$$0 = \int_{-\infty}^{0}\int_{0}^{1} \frac{(x-y)\,dx\,dy}{\sqrt{(x\,k\,\lambda\,\mu)}\,\sqrt{(y\,k\,\lambda\,\mu)}} - \int_{\frac{1}{k^2}}^{\frac{1}{\lambda^2}}\int_{\frac{1}{\lambda^2}}^{\frac{1}{\mu^2}} \frac{(x-y)\,dx\,dy}{\sqrt{(x\,k\,\lambda\,\mu)}\,\sqrt{(y\,k\,\lambda\,\mu)}},$$

$$0 = \int_{0}^{1}\int_{1}^{\frac{1}{k^2}} \frac{(x-y)\,dx\,dy}{\sqrt{(x\,k\,\lambda\,\mu)}\,\sqrt{(y\,k\,\lambda\,\mu)}} - \int_{\frac{1}{\lambda^2}}^{\frac{1}{\mu^2}}\int_{\frac{1}{\mu^2}}^{\infty} \frac{(x-y)\,dx\,dy}{\sqrt{(x\,k\,\lambda\,\mu)}\,\sqrt{(y\,k\,\lambda\,\mu)}},$$

$$0 = \int_{1}^{\frac{1}{k^2}}\int_{\frac{1}{k^2}}^{\frac{1}{\lambda^2}} \frac{(x-y)\,dx\,dy}{\sqrt{(x\,k\,\lambda\,\mu)}\,\sqrt{(y\,k\,\lambda\,\mu)}} + \int_{\frac{1}{\mu^2}}^{\infty}\int_{\infty}^{0} \frac{(x-y)\,dx\,dy}{\sqrt{(x\,k\,\lambda\,\mu)}\,\sqrt{(y\,k\,\lambda\,\mu)}}$$

TABLE DE FORMULES.

(Voyez page 414.)

	(1,*a*)		(1,*b*) et (1,*c*)
M et M_1	33.33.33.33+32.32.32.32	M ou M_1	33.33.33.33−32.32.32.32
M′ et M_1'	23.23.23.23+22.22.22.22	M′ ou M_1'	23.23.23.23−22.22.22.22
M″ et M_1''	13.13.13.13+12.12.12.12	M″ ou M_1''	13.13.13.13−12.12.12.12
M‴ et M_1'''	03.03.03.03+02.02.02.02	M‴ ou M_1'''	03.03.03.03−02.02.02.02
	(1,*d*)		
M et M_1	30.30.30.30−31.31.31.31	M_1 ou M	30.30.30.30+31.31.31.31
M et M_1'	20.20.20.20−21.21.21.21	M_1' ou M′	20.20.20.20+21.21.21.21
M et M_1''	10.10.10.10−11.11.11.11	M_1'' ou M″	10.10.10.10+11.11.11.11
M‴ et M_1'''	00.00.00.00−01.01.01.01	M_1''' ou M‴	00.00.00.00+01.01.01.01
	(2,*a*)		(2,*b*) et (2,*c*)
M et M_1	33.33.03.03+32.32.02.02	M ou M_1	33.33.03.03−32.32.02.02
M′ et M_1'	23.23.13.13+22.22.12.12	M′ ou M_1'	23.23.13.13−22.22.12.12
M″ et M_1''	13.13.23.23+12.12.22.22	M″ ou M_1''	13.13.23.23−12.12.22.22
M‴ et M_1'''	03.03.33.33+02.02.32.32	M‴ ou M_1'''	03.03.33.33−02.02.32.32
	(2,*d*)		
M et M_1	30.30.00.00−31.31.01.01	M_1 ou M	30.30.00.00+31.31.01.01
M′ et M_1'	20.20.10.10−21.21.11.11	M_1' ou M′	20.20.10.10+21.21.11.11
M″ et M_1''	10.10.20.20−11.11.21.21	M_1'' ou M″	10.10.20.20+11.11.21.21
M‴ et M_1'''	00.00.30.30−01.01.31.31	M_1''' ou M‴	00.00.30.30+01.01.31.31

	(3,a)		(3,b) et (3,c
M et M_1	30.30.33.33—31.31.32.32	M ou M_1	30.30.33.33 + 31.31.32.22
M′ et M_1'	20.20.23.23 -21.21.22.22	M′ ou M_1'	20.20.23.23 +21.21.22.22
M″ et M_1''	10.10.13.13 - 11.11.12.12	M″ ou M_1''	10.10.13.13 - 11.11.12.12
M‴ et M_1'''	00.00.03.03—01.01.02.02	M‴ ou M_1'''	00.00.03.03+01.01.02.02
	(3,d)		
M et M_1	33.33.30.30+32.32.31.31	M_1 ou M	33.33.30.30—32.32.31.31
M′ et M_1'	23.23.20.20+22.22.21.21	M_1' ou M′	23.23.20.20—22.22.21.21
M″ et M_1''	13.13.10.10+12.12.11.11	M_1'' ou M″	13.13.10.10—12.12.11.11
M‴ et M_1'''	03.03.00.00+01.01.02.02	M_1''' ou M‴	03.03.00.00—01.01.02.02
	(4,a)		(4,b) et (4,c)
M et M_1	30.30.03.03—31.31.02.02	M ou M_1	30.30.03.03 + 31.31.02.02
M′ et M_1'	20.20.13.13—21.21.12.12	M′ ou M_1'	20.20.13.13+21.21.12.12
M″ et M_1''	10.10.23.23—11.11.22.22	M″ ou M_1''	10.10.23.23+11.11.22.22
M‴ et M_1'''	00.00.33.33—01.01.32.32	M‴ ou M_1'''	00.00.33.33+01.01.32.32
	(4,d)		
M et M_1	33.33.00.00+32.32.01.01	M_1 ou M	33.33.00.00—32.32.01.01
M et M_1'	23.33.10.10+22.22.11.11	M_1 ou M′	23.23.10.10—22.22.11.11
M″ et M_1''	13.13.20.20+12.12.21.21	M_1'' ou M″	13.13.20.20—12.12.21.21
M‴ et M_1'''	03.03.30.30—02.02.31.31	M_1''' ou M‴	03.03.30.30—02.02.31.31

	(5,*a*)		(5,*b*) et (5,*c*)
M et M_1	23.23.33.33+22.22.32.32	M ou M_1	23 23 33.33 − 22 22.32.32
M′ et M_1'	33.33.23.23+32.32.22.22	M′ ou M_1'	33.33.23.23 − 32.32.22.22
M″ et M_1''	03.03.13.13+02.02.12 12	M″ ou M_1''	03.03.13.13 − 02.02.12.12
M‴ et M_1'''	13.13.03.03+12.12.02.02	M″ ou M_1''	13.13.03.03 − 12.12.02.02
	(5,*d*)		
M et M_1	20.20.30.30 − 21.21.31.31	M_1 ou M	20.20.30.30+21.21 31.31
M′ et M_1'	30.30 20.20 − 31.31.21.21	M_1' ou M′	30.30.20.20+31.31.21.21
M″ et M_1''	00.00.10.10 − 01.01.11.11	M_1'' ou M″	00.00.10.10+01.01.11 11
M‴ et M_1'''	10.10.00.00 − 11.11.01.01	M_1''' ou M‴	10.10.00.00+11.11.01.01
	(6,*a*)		6,*b*) et (6,*c*)
M et M_1	23.23.03.03+22.22.02.02	M ou M_1	23.23.03.03 − 22.22.02.02
M′ et M_1	33.33.13.13+32.32.12.12	M′ ou M_1'	33.33.13.13 − 32.32.12.12
M et M_1''	03.03.23.23+02.02.22.22	M″ ou M_1''	03.03.23.23 − 02.02.22.22
M‴ et M_1'''	13.13.33.33+12.12.32.32	M‴ ou M_1'''	13.13.33.33 − 12.12.32.32
	(6,*d*)		
M et M_1	20.20.00.00 − 21.21.01.01	M_1 ou M	20.20.00.00+21.21.01.01
M′ et M_1'	30.30.10.10 − 31.31.11.11	M_1' ou M′	30.30.10.10+31.31.11.11
M″ et M_1''	00.00.20.20 − 01.01.21.21	M_1'' ou M″	00.00.20.20+01.01.21.21
M‴ et M_1	10.10.30.30 − 11.11.31.31	M_1''' ou M‴	10.10.30.30+11.11.31.31

	(7,a)		(7,b) et (7,c)
M et M_1	20.20.33.33−21.21.32.32	M ou M_1	20.20.33.33+21.21.32.32
M′ et M_1'	30.30.23.23−31.31.22.22	M′ ou M_1'	30.30.23.23+31.31 22.22
M″ et M_1''	00.00.13.13−01.01.12.12	M″ ou M_1''	00.00.13.13+01.01.12.12
M‴ et M_1'''	10.10.03.03−11.11.02.02	M‴ ou M_1'''	10.10.03.03+11.11.02.02
	(7,d)		
M et M_1	23.23.30.30+22.22.31.31	M_1 ou M	23.23.30.30−22.22.31.31
M′ et M_1'	33.33.20.20+32.32.21.21	M_1' ou M′	33.33.20.20−32.32.21.21
M″ et M_1''	03.03.10.10+02.02.11.11	M_1'' ou M″	03.03.10.10−02.02.11.11
M‴ et M_1'''	13.13.00.00+12.12.01.01	M_1''' ou M‴	13.13.00.00−12.12.01.01
	(8,a)		(8,b) et (8,c)
M et M_1	20.20.03.03−21.21.02.02	M ou M_1	20.20.03.03+21.21.02.02
M′ et M_1'	30.30.13.13−31.31.12.12	M′ ou M_1'	30.30.13.13+31.31.12.12
M″ et M_1''	00.00.23.23−01.01.22.22	M″ ou M_1''	00.00.23.23+01.01.22.22
M‴ et M_1'''	10.10.33.33−11.11.32.32	M‴ ou M_1'''	10.10.33.33+11.11.32.32
	(8,d)		
M et M_1	23.23.00.00+22.22.01.01	M_1 ou M	23.23.00.00−22.22.01.01
M′ et M_1'	33.33.10.10+32.32.11.11	M_1' ou M′	33.33.10.10−32.32.11.11
M″ et M_1''	03.03.20.20+02.02.21.21	M_1'' ou M″	03.03.20.20−02.02.21.21
M‴ et M_1'''	13.13.30.30+12.12.31.31	M_1''' ou M‴	13.13.30.30−12.12.31.31

	(9,*a*)		(9,*b*) et (9,*c*)
M et M_1	22.22.33.33+23.23.32.32	M ou M_1	22.22.33.33−23.23.32.32
M′ et M_1'	32.32.23.23+33.33.22.22	M′ ou M_1'	32.32 23.23−33.33.22.22
M″ et M_1''	02.02.13.13+03.03.12.12	M″ ou M_1''	02.02.13.13−03.03.12.12
M‴ et M_1'''	12.12.03.03+13.13.02.02	M‴ ou M_1'''	12.12.03.03−13.13.02.02
	(9,*d*)		
M et M_1	21.21.30.30−20.20.31.31	M_1 ou M	21.21.30.30+20.20.31.31
M′ et M_1'	31.31.20.20−30.30.21.21	M_1' ou M′	31.31.20.20+30.30.21.21
M″ et M_1''	01.01.10.10−00.00.11.11	M_1'' ou M″	01.01.10.10+00.00.11.11
M‴ et M_1'''	11.11.00.00−10.10.01.01	M_1''' ou M‴	11.11.00.00+10.10.01.01
	(10,*a*)		(10,*b*) et (10,*c*
M et M_1	22.22.03.03+23.23.02.02	M ou M_1	22.22.03.03−23.23.02.02
M′ et M_1	32.32.13.13+33.33.12.12	M′ ou M_1'	32.32.13.13−33.33.12.12
M″ et M_1''	02.02.23.23+03.03.22.22	M″ ou M_1''	02.02.23.23−03.03.22.22
M‴ et M_1'''	12.12.33.33+13.13.32.32	M‴ ou M_1'''	12.12.33.33−13.13.32.32
	(10,*d*)		
M et M_1	21.21.00.00−20.20.01.01	M_1 ou M	21.21.00.00+20.20.01.01
M′ et M_1'	31.31.10.10−30.30.11.11	M_1' ou M′	31.31.10.10+30.30.11.11
M″ et M_1''	01.01.20.20−00.00.21.21	M_1'' ou M″	01.01.20.20+00.00.21.21
M‴ et M_1'''	11.11.30.30−10.10.31.31	M_1''' ou M‴	11.11.30.30+10.10.31.31

	(11,*a*)		(11,*b*) et (11,*c*)
M et M	21.21.33.33−20.20.32.32	M ou M_1	21.21.33.33+20.20.32.32
M′ et M_1'	31.31.23.23−30.30.22.22	M′ ou M_1'	31.31.23.23+30.30.22.22
M″ et M_1''	01.01.13.13−00.00.12.12	M″ ou M_1''	01.01.13.13+00.00.12.12
M‴ et M_1'''	11.11.03.03−10.10.02.02	M‴ ou M_1'''	11.11.03.03+10.10.02.02
	(11,*d*)		
M et M	22.22.30.30+23.23.31.31	M_1 ou M	22.22.30.30−23.23.31.31
M′ et M_1'	32.32.20.20+33.33.21.21	M_1' ou M	32.32.20.20−33.33.21.21
M″ et M_1''	02.02.10.10+03.03.11.11	M_1'' ou M	02.02.10.10−03.03.11.11
M‴ et M_1'''	12.12.00.00+13.13.01.01	M_1''' ou M	12.12.00.00−13.13.01.01
	(12,*a*)		(12,*b*) et (12,*c*)
M et M_1	21.21.03.03−20.20.02.02	M ou M_1	21.21.03.03+20.20.02.02
M′ et M_1'	31.31.13.13−30.30.12.12	M′ ou M_1'	31.31.13.13+30.30.12.12
M″ et M_1''	01.01.23.23−00.00.22.22	M″ ou M_1''	01.01.23.23+00.00.22.22
M‴ et M_1'''	11.11.33.33−10.10.32.32	M‴ ou M_1'''	11.11.33.33+10.10.32.32
	(12,*d*)		
M et M_1	22.22.00.00+23.23.01.01	M_1 ou M	22.22.00.00−23.23.01.01
M′ et M_1'	32.32.10.10+33.33.11.11	M_1' ou M	32.32.10.10−33.33.11.11
M″ et M_1''	02.02.20.20+03.03.21.21	M_1'' ou M″	02.02.20.20−03.03.21.21
M‴ et M	12.12.30.30+13.13.31.31	M_1''' ou M‴	12.12.30.30−13.13.31.31

	(13,*a*)		(13,*b*) et (13,*c*)
M et M_1	32.32.33.33+33.33.32.32	M ou M_1	32.32.33.33−33.33.32.32
M′ et M_1'	22.22.23.23+23.23.22.22	M′ ou M_1'	22.22.23.23−23.23.22.22
M″ et M_1''	12.12.13.13+13.13.12.12	M″ ou M_1''	12.12.13.13−12.13.12.12
M‴ et M_1'''	02.02.03.03+03.03.02.02	M‴ ou M_1'''	02.02.03.03−03.03.02.02
	(13,*d*)		
M et M_1	31.31.30.30−30.30.31.31	M_1 ou M	31.31.30.30+30.30.31.31
M′ et M_1'	21.21.20.20−20.20.21.21	M_1' ou M′	21.21.20.20+20.20.21.21
M″ et M_1''	11.11.10.10−10.10.11.11	M_1'' ou M″	11.11.10.10+10.10.11.11
M‴ et M_1'''	01.01.00.00−00.00.01.01	M_1''' ou M‴	01.01.00.00+00.00.01.01
	(14,*a*)		(14,*b*) et (14,*c*)
M et M_1	32.32.03.03+33.33.02.02	M ou M_1	32.32.03.03−33.33.02.02
M′ et M_1'	22.22.13.13+23.23.12.12	M′ ou M_1'	22.22.13.13−23.23.12.12
M″ et M_1''	12.12.23.23+13.13.22.22	M″ ou M_1''	12.12.23.23−13.13.22.22
M‴ et M_1'''	02.02.33.33+03.03.32.32	M‴ ou M_1'''	02.02.33.33−03.03.32.32
	(14,*d*)		
M et M_1	31.31.00.00−30.30.01.01	M_1 ou M	31.31.00.00+30.30.01.01
M′ et M_1'	21.21.10.10−20.20.11.11	M_1' ou M′	21.21.10.10+20.20.11.11
M″ et M_1''	11.11.20.20−10.10.21.21	M_1'' ou M″	11.11.20.20+10.10.21.21
M‴ et M_1'''	01.01.30.30−00.00.31.31	M_1''' ou M‴	01.01.30.30+00.00.31.31

	(15,*a*)		(15,*b*) et (15,*c*)
M et M_1	31.31.33.33 − 30.30.32.32	M ou M_1	31.31.33.33 + 30.30.32.32
M′ et M_1'	21.21.23.23 − 20.20.22.22	M′ ou M_1'	21.21.23.23 + 20.20.22.22
M″ et M_1''	11.11.13.13 − 10.10.12.12	M″ ou M_1''	11.11.13.13 + 10.10.12.12
M‴ et M_1'''	01.01.03.03 − 00.00.02.02	M‴ ou M_1''	01.01.03.03 + 00.00.02.02
	(15,*d*)		
M et M_1	32.32.30.30 + 33.33.31.31	M_1 ou M	32.32.30.30 − 33.33.31.31
M′ et M_1'	22.22.20.20 + 23.23.21.21	M_1' ou M′	22.22.20.20 − 23.23.21.21
M″ et M_1''	12.12.10.10 + 13.13.11.11	M_1'' ou M″	12.12.10.10 − 13.13.11.11
M‴ et M_1'''	02.02.00.00 + 03.03.01.01	M_1''' ou M‴	02.02.00.00 − 03.03.01.01
	(16,*a*)		(16,*b*) et (16,*c*)
M et M_1	31.31.03.03 − 30.30.02.02	M ou M_1	31.31.03.03 + 30.30.02.02
M′ et M_1'	21.21.13.13 − 20.20.12.12	M′ ou M_1'	21.21.13.13 + 20.20.12.12
M″ et M_1''	11.11.23.23 − 10.10.22.22	M″ ou M_1''	11.11.23.23 + 10.10.22.22
M‴ et M_1'''	01.01.33.33 − 00.00.32.32	M‴ ou M_1'''	01.01.33.33 + 00.00.32.32
	(16,*d*)		
M et M_1	32.32.00.00 + 33.33.01.01	M_1 ou M	32.32.00.00 − 33.33.01.01
M′ et M_1'	22.22.10.10 + 23.23.11.11	M_1' ou M′	22.22.10.10 − 23.23.11.11
M″ et M_1''	12.12.20.20 + 13.13.21.21	M_1'' ou M″	12.12.20.20 − 13.13.21.21
M‴ et M_1'''	02.02.30.30 + 03.03.31.31	M_1''' ou M‴	02.01.30.30 − 03.03.31.31

	(17,*a*)		(17,*b*) et (17,*c*)
M et M_1	13.03.23.33+12.02.22.32	M ou M_1	13.03.23.33−12.02.22.32
M′ et M_1'	03.13.33.23+02.12.32.22	M′ ou M_1'	03.13.33.23−02.12.32.22
M″ et M_1''	23.33 13.03+22.32.12.02	M″ ou M_1''	23.33.13.03−22.32.12.02
M‴ et M_1'''	33.23.03.13+32.22.02.12	M‴ ou M_1'''	33.23.03.13−32.22.02.12
	(17,*d*)		
M et M_1	10.00.20.30−11.01.21.31	M_1 ou M	10.00.20.30+11.01.21.31
M′ et M_1'	00.10.30.20−01.11.31.21	M_1' ou M′	00.10.30.20+01.11.31.21
M″ et M_1''	20.30.10.00−21.31.11.01	M_1'' ou M″	20.30.10.00+21.31.11.01
M‴ et M_1'''	30.20.00.10−31.21.01.11	M_1''' ou M‴	30.20.00.10+31.21.01.11
	(18,*a*)		(18,*b*) et (18,*c*)
M et M_1	20.30.23.33−21.31.22.32	M_1 ou M	20.30.23.33+21.31.22.32
M′ et M_1'	30.20.33.23−31.21.32.22	M_1' ou M′	30.20.33.23+31.21.32.22
M″ et M_1''	00.10.03.13−01.11.02.12	M_1'' ou M″	00.10.03.13+01.11.02.12
M‴ et M_1'''	10.00.13.03−11.01.12.02	M_1''' ou M‴	10.00.13.03+11.01.12.02
	(18,*d*)		
M et M_1	23.33.20.30+22.32.21.31	M_1 ou M	23.33.20.30−22.32.21.31
M′ et M_1'	33.23.30.20+32.22.31.21	M_1' ou M′	33.23.30.20−32.22.31.21
M″ et M_1''	03.13.00.10+02.12.01.11	M_1'' ou M″	03.13.00.10−02.12.01.11
M‴ et M_1'''	13.03.10.00+12.02.11.01	M_1''' ou M‴	13.03.10.00−12.02.11.01

	(19,*a*)		(19,*b*) et (19,*c*)
M et M_1	10.00.23.33 − 11.01.22.32	M ou M_1	10.00.23.33 + 11.01.22.32
M′ et M_1	00.10.33.23 − 01.11.32.22	M′ ou M_1'	00.10.33.23 + 01.11.32.22
M″ et M_1''	20.30.13.03 − 21.31.12.02	M″ ou M_1''	20.30.13.03 + 21.31.12.02
M‴ et M_1'''	30.20.03.13 − 31.21.02.12	M‴ ou M_1'''	30.20.03.13 + 31.21.02.12
	(19,*d*)		
M et M_1	13.03.20.30 + 12.02.21.31	M_1 ou M	13.03.20.30 − 12.02.21.31
M′ et M_1'	03.13.30.20 + 02.12.31.21	M_1' ou M	03.13.30.20 − 02.12.31.21
M″ et M_1''	23.33.10.00 + 22.32.13.03	M_1'' ou M″	23.33.10.00 − 22.32.13.03
M‴ et M_1'''	33.23.00.10 + 30.20.01.11	M_1''' ou M‴	33.23.00.10 − 30.20.01.11
	(20,*a*)		(20,*b*) et (20,*c*)
M et M_1	22.32.33.23 + 23.33.32.22	M ou M_1	22.32.33.23 − 23.33.32.22
M′ et M_1'	32.22.23.33 + 33.23.22.32	M′ ou M_1	32.22.23.33 − 33.23.22.32
M″ et M_1	02.12.13.03 + 03.13.12.02	M″ ou M_1''	02.12.13.03 − 03.13.12.02
M‴ et M_1'	12.02.03.13 + 13.03.02.12	M‴ ou M_1''	12.02.03.13 − 13.03.02.12
	(20,*d*)		
M et M_1	21.31.30.20 − 20.30.31.21	M_1 ou M	21.31.30.20 + 20.30.31.21
M′ et M_1'	31.21.20.30 − 30.20.21.31	M_1' ou M′	31.21.20.30 + 30.20.21.31
M″ et M_1''	01.11.10.00 − 00.10.11.01	M_1'' ou M	01.11.10.00 + 00.10.11.01
M et M_1''	11.01.00.10 − 10.00.01.11	M_1'' ou M''	11.01.00.10 + 10.00.01.11

	(21,*a*)		(21,*b*) et (21,*c*)
M et M_1	12.02.33.23+13.03.32.22	M ou M_1	12.02.33.23−13.03.32.22
M′ et M_1'	02.12.23.33+03.13.22.32	M′ ou M_1	02.12.23.33−03.13.22.32
M″ et M_1''	32.22.13.03+33.23.12.02	M″ ou M_1	32.22.13.03−33.23.12.02
M‴ et M_1'''	22.32.03.13+23.33.02.12	M‴ ou M_1'''	22.32.03.13−23.33 02.12
	(21,*d*)		
M et M_1	11.01.30.20−10.00.31.21	M_1 ou M	11.01.30.20+10.00.31.21
M′ et M_1'	01.11.20.30−00.10.21.31	M_1' ou M′	01.11.20.30+00.10.21.31
M″ et M_1''	31.21.10.00−30.20.11.01	M_1'' ou M″	31.21.10.00+30.20.11.01
M‴ et M_1'''	21.31.00.10−20.30.01.11	M_1''' ou M‴	21.31.00.10+20 30.01.11
	(22,*a*)		(22,*b*) et (22,*c*)
M et M_1	21.31.33.23−20.30.32.22	M ou M_1	21 31.33.23+20.30.32.22
M′ et M_1'	31.21.23.33−30.20.22.32	M′ ou M_1'	31.21.23.33+30.20 22.32
M″ et M_1''	01.11.13.03−00.10.12.02	M″ ou M_1''	01.11.13.03+00.10 12.02
M‴ et M_1'''	11.01.03.13−10.00.02.12	M‴ ou M_1'''	11.01.03.13+10.00.02.12
	(22 *d*)		
M et M_1	22.32.30.20+23.33.31.21	M_1 ou M	22.32.30.20−23.33.31.21
M′ et M_1'	32.22.20.30+33.23.21.31	M_1' ou M′	32.22.20.30−33.23.21.31
M″ et M_1''	02.12.10.00+03.13.11.01	M_1'' ou M″	02.12.10.00−03.13.11.01
M‴ et M_1'''	12.02.00.10+13.03.01.11	M_1''' ou M‴	12.02.00.10−13.03.01.11

	(23,a)		(23,b) et (23,c)
M et M_1	11.01.33.23 − 10.00.32.22	M ou M_1	11.01.33.23 + 10.00.32.22
M′ et M_1'	01.11.23.33 − 00.10.22.32	M′ ou M_1'	01.11.23.33 + 00.10.22.32
M″ et M_1''	31.21.13.03 − 30.20.12.02	M″ ou M_1''	31.21.13.03 + 30.20.12.02
M‴ et M_1'''	21.31.03.13 − 20.30.02.12	M‴ ou M_1'''	21.31.03.13 + 20.30.02.12
	(23,d)		
M et M_1	12.02.30.20 + 13.03 31.21	M_1 ou M	12.02.30.20 − 13.03.31.21
M′ et M_1'	02.12.20.30 + 03.13.21.31	M_1' ou M′	02.12.20.30 − 03.13.21.31
M″ et M_1''	32.22.10.00 + 33.23.11.01	M_1'' ou M″	32.22.10.00 − 33.23.11.01
M et M_1'''	22.32.00.10 + 23.33.01.11	M_1''' ou M‴	22.32.00.10 − 23.33.01.11
	(24,a)		(24,b) et (24,c)
M et M_1	32.33.02.03 + 33.32.03.02	M ou M_1	32.33.02.03 − 33.32.03.02
M′ et M_1'	22.23.12.13 + 23.22.13.12	M′ ou M_1'	22.23.12.13 − 23.22.13.12
M″ et M_1''	12.13.22.23 + 13.12.23.22	M″ ou M_1''	12.13.22.23 − 13.12.23.22
M‴ et M_1'''	02.03.32.33 + 03.02.33.32	M‴ ou M_1'''	02.03.32.33 − 03.02.33.32
	(24,d)		
M et M_1	31.30.01.00 − 30.31.00.01	M_1 ou M	31.30.01.00 + 30.31.00.01
M′ et M_1'	21.20.11.10 − 20.21.10.11	M_1' ou M′	21.20.11.10 + 20.21.10.11
M″ et M_1''	11.10.21.20 − 10.11.20.21	M_1'' ou M″	11.10.21.20 + 10.11.20.21
M‴ et M_1'''	01.00.31.30 − 00.01.30.31	M_1''' ou M‴	01.00.31.30 + 00.01.30 31

	(25,*a*)		(25,*b*) et (25,*c*)
M et M_1	31.30.32.33+30.31.33.32	M ou M_1	31.30.32.33−30.31.33.32
M′ et M_1'	21.20.22.23+20.21.23.22	M′ ou M_1'	21.20.22.23−20.21.23.22
M″ et M_1	11.10.12.13+10.11.13.12	M ou M_1''	11.10.12.13−10.11.13.12
M‴ et M_1'''	01.00.02.03+00.01.03.02	M‴ ou M_1'''	01.00.02.03−00 01.03 02
	(25,*d*)		
M et M_1	32.33.31.30−33.32.30.31	M_1 ou M	32.33.31.30+33.32.30.31
M′ et M_1'	22.23.21.20−23.22.20.21	M_1' ou M′	22.23.21.20+23.22.20.21
M″ et M_1	12.13 11.10−13.12.10.11	M_1'' ou M″	12.13.11.10+13.12.10.11
M‴ et M_1'''	02.03.01.00−03.02.00.01	M_1''' ou M‴	02.03.01.00+03.02.00.01
	(26,*a*)		(26,*b*) et (26,*c*)
M et M_1	31.30.02.03+30.31.03.02	M ou M_1	31.30.02.03−30.31.03.02
M′ et M_1'	21.20.12.13+20.21.13.12	M′ ou M_1'	21.20.12.13−20.21.13.12
M et M_1''	11.10.22.23+10.11.23.22	M ou M_1''	11.10.22.23−10.11 23 22
M‴ et M_1'''	01.00.32.33+00.01.33.32	M‴ ou M_1'''	01.00.32 33−00.01.33 32
	(26,*d*)		
M et M_1	32.33.01.00−33.32.00.01	M_1 ou M	32.33.01.00+33.32.00.01
M′ et M_1'	22.23.11.10−23.22.10.11	M_1' ou M′	22.23.11.10+23.22.10.11
M et M_1''	12.13.21.20−13.12.20.21	M_1'' ou M″	12.13.21.20+13.12.20.21
M‴ et M_1'''	02.03.31.30−03.02.30.31	M_1''' ou M‴	02.03.31.30+03.02.30.31

	(27,*a*)		(27,*b*) et (27,*c*)
M et M_1	21.20.32.33+20.21.33.32	M ou M_1	21.20.32.33−20.21.33.32
M′ et M_1'	31.30.22.23+30.31.23.22	M′ ou M_1'	31.30.22.23−30.31.23.22
M″ et M_1''	01.00.12.13+00.01.13.12	M″ ou M_1''	01.00.12.13−00.01.13.12
M‴ et M_1'''	11.10.02.03+10.11.03.02	M‴ ou M_1'''	11.10.02.03−10.11.03.02
	(27,*d*)		
M et M_1	22.23.31.30−23.22.30.31	M_1 ou M	22.23.31.30+23.22.30.31
M′ et M_1'	32.33.21.20−33.32.20.21	M_1' ou M′	32.33.21.20+33.32.20.21
M″ et M_1''	02.03.11.10−03.02.10.11	M_1'' ou M″	02.03.11.10+03.02.10.11
M‴ et M_1'''	12.13.01.00−13.12.00.01	M_1''' ou M‴	12.13.01.00+13.12.00.01
	(28,*a*)		(28,*b*) et (28,*c*)
M et M_1	21.20.03.02+20.21.02.03	M ou M_1	21.20.03.02−20.21.02.03
M′ et M_1'	31.30.13.12+30.31.12.13	M′ ou M_1'	31.30.13.12−30.31.12.13
M″ et M_1''	01.00.23.22+00.01.22.23	M″ ou M_1''	01.00.23.22−00.01.22.23
M‴ et M_1'''	11.10.33.32+10.11 32.33	M‴ ou M_1'''	11.10.33.32−10.11.32.33
	(28,*d*)		
M et M_1	22.23.00.01−23.22.01.00	M_1 ou M	22.23.00.01+23.22.01.00
M′ et M_1'	32.33.10.11−33.32.11.10	M_1' ou M′	32.33.10.11+33.32.11.10
M″ et M_1''	02.03.20.21−03.02.21.20	M_1'' ou M	02.03.20.21+03.02.21.20
M‴ et M_1'''	12.13.30.31−13.12.31.30	M_1''' ou M‴	12.13.30.31+13.12.31.30

	(29,*a*)		(29,*b*) et (29,*c*)
M et M_1	22.23.02.03+23.22.03.02	M ou M_1	22.23.02.03−23.22.03.02
M′ et M_1'	32.33.12.13+33.32.13.12	M′ ou M_1'	32.33.12.13−33.32.13.12
M″ et M_1''	02.03.22.23+03.02.23.22	M″ ou M_1''	02.03.22.23−03.02.23 22
M‴ et M_1'''	12.13.32.33+13.12.33.32	M‴ ou M_1'''	12.13.32.33−13 12.33.32
	(29,*d*)		
M et M_1	21.20.01.00−20.21.00.01	M_1 ou M	21.20.01.00+20.21.00.01
M′ et M_1'	31.30.11.10−30.31.10.11	M_1' ou M′	31.30.11.10+30.31.10.11
M″ et M_1''	01.00.21.20−00.01.20.21	M_1'' ou M″	01.00.21.20+00.01 20.21
M‴ et M_1'''	11.10.31.30−10.11.30.31	M_1''' ou M‴	11.10.31.30+10.11.30.31
	(30,*a*)		(30,*b*) et (30,*c*)
M et M_1	12.03.22.33+13.02.23.32	M ou M_1	12.03.22.33−13.02.23.32
M′ et M_1'	02.13.32.23+03.12.33.22	M′ ou M_1'	02.13.32·23−03.12.33.22
M et M_1''	22.33.12.03+23.32.13.02	M″ ou M_1''	22.33.12.03−23.32.13.02
M‴ et M_1'''	32.23.02.13+33.22.03.12	M‴ ou M_1'''	32.23.02.13−33.22.03.12
	(30,*d*)		
M et M_1	11.00.21.30−10.01.20.31	M_1 ou M	11.00.21.30+10.01.20.31
M′ et M_1'	01.10.31.20−00.11.30.21	M_1' ou M′	01.10.31.20+00.11.30.21
M″ et M_1''	21.30.11.00−20.31.10.01	M_1'' ou M′	21.30.11.00+20.31.10.01
M‴ et M_1'''	31.20.01.10−30.21.00.11	M_1''' ou M‴	31.20.01.10+30.21.00.11

	(31,*a*)		(31,*b*) et (31,*c*)
M et M_1	21.30.22.33+20.31.23.32	M ou M_1	21.30.22.33−20.31.23.32
M′ et M_1'	31.20.32.23+30.21.33.22	M′ ou M_1'	31.20.32.23−30.21.33.22
M″ et M_1''	01.10.02.13+00.11.03.12	M″ ou M_1''	01.10.02.13−00.11.03.12
M‴ et M_1'''	11.00.12.13+10.01.13.02	M‴ ou M_1'''	11.00.12.13−10.01.13.02
	(31,*d*)		
M et M_1	22.33.21.30−23.32.20.31	M_1 ou M	22.33.21.30+23.32.20.31
M′ et M_1'	32.23.31.20−33.22.30.21	M_1' ou M′	32.23.31.20+33.22.30.21
M′ et M_1''	02.13.01.10−03.12.00.11	M_1'' ou M″	02.13.01.10+03.12.00.11
M″ et M_1'''	12.03.11.10−13.02.10.01	M_1''' ou M‴	12.03.11.10+13.02.10.01
	(32,*a*)		(32,*b*) et (32,*c*)
M et M_1	11.00.22.33+10.01.23.32	M ou M_1	11.00.22.33−10.01.23.32
M′ et M_1'	01.10.32.23+00.11.33.22	M′ ou M_1'	01.10.32.23−00.11.33.22
M″ et M_1''	31.20.02.13+30.21.03.12	M ou M_1''	31.20.02.13−30.21.03.12
M‴ et M_1'''	21.30.12.03+20.31.13.02	M‴ ou M_1'''	21.30.12.03−20.31.13.02
	(32,*d*)		
M et M_1	12.03.21.30−13.02.20.31	M_1 ou M	12.03.21.30+13.02.20.31
M′ et M_1'	02.13.31.20−03.12.30.21	M_1' ou M′	02.13.31.20+03.12.30.21
M″ et M_1''	32.23.01.10−33.22.00.11	M_1'' ou M	32.23.01.10+33.22.00.11
M‴ et M_1'''	22.33.11.00−23.32.10.01	M_1''' ou M‴	22.33.11.00+23.32.10.01

	(33,*a*)		(33,*b*) et (33,*c*)
M et M_1	21.30.32.23+20.31.33.32	M ou M_1	21.30.32.23−20.31.33.32
M′ et M_1'	31.20.22.33+30.21.23.32	M′ ou M_1'	31.20.22.33−30.21.23.32
M″ et M_1''	01.10.12.03+00.11.13.02	M″ ou M_1''	01.10.12 03−00.11.13.02
M‴ et M_1'''	11 00.02.13+10.01 03.12	M‴ ou M_1'''	11.00.02.13−10.01.03.12
	(33,*d*)		
M et M_1	22.33.31.20−23.32.30.21	M_1 ou M	22.33.31.20+23.32.30.21
M′ et M_1'	32.23.21.30−30.22.20.31	M_1' ou M′	32.23.21.30+30.22 20.31
M″ et M_1''	02.13.11.00−03.12.10.01	M_1'' ou M″	02.13.11.00+03.12.10.01
M‴ et M_1'''	12.03.01.10−13.02.00.11	M_1''' ou M‴	12.03.01.10+13.02.00.11
	(34,*a*)		(34,*b*) et (34,*c*)
M et M_1	30.00.33.03−31.01.32.02	M ou M_1	30.00.33.03+31.01.32.02
M′ et M_1'	20.10.23.13−21.11.22.12	M′ ou M_1'	20.10.23.13+21.11.22.12
M et M_1''	10.20.13.23−11.21.12.22	M″ ou M_1''	10.20.13.23+11.21.12.22
M‴ et M_1'''	00.30.03.33−01.31.02.32	M‴ ou M_1'''	00.30.03.33+01.31.02.32
	(34,*d*)		
M et M_1	33.03.30.00+32.02.31.01	M_1 ou M	33.03.30.00−32.02.31.01
M′ et M_1'	23.13.20.10+22.12.21.11	M_1' ou M′	23.13.20.10−22.12.21.11
M″ et M_1''	13.23.10.20+12.22.11.21	M_1'' ou M″	13.23.10.20−12.22.11.21
M‴ et M_1'''	03.33.00.30+02.32.01.31	M_1''' ou M‴	03.33.00.30−02.32 01.31

	(35,*a*)		(35,*b*) et (35,*c*)
M et M_1	10.03.23.30 − 11.02.22.31	M ou M_1	10.03.23.30 + 11.02.22.31
M′ et M_1'	00.13.33.20 − 01.12.32.21	M ou M_1'	00.13.33.20 + 01.12.32.21
M″ et M_1''	20 33 13.00 − 21.32.12.01	M ou M_1''	20.33.13.00 + 21.32.12 01
M‴ et M_1'''	30.23.03.10 − 31 22.02.11	M ou M_1'''	30.23.03.10 + 31.22.02.11
	(35,*d*)		
M et M_1	13.00.20.33 + 12.01.21.32	M_1 ou M	13.00.20.33 − 12.01.21.32
M′ et M_1'	03.10.30.23 + 02.11.31.22	M_1' ou M′	03.10.30.23 − 02.11.31.22
M″ et M_1''	23.30.10.03 + 22.31.11.02	M_1'' ou M″	23.30.10.03 − 22.31.11.02
M‴ et M_1'''	33.20.00.13 + 32.21.01.12	M_1''' ou M‴	33.20.00.13 − 32.21.01 12
	(36,*a*)		(36,*b*) et (36,*c*)
M et M_1	20.23.00.03 − 21.22.01.02	M ou M_1	20.23.00.03 + 21.22 01.02
M′ et M_1'	30.33.10.13 − 31.32.11.12	M′ ou M_1'	30.33.10.13 + 31.32 11.12
M″ et M_1''	00.03.20.23 − 01.02.21.22	M ou M_1''	00.03.20.23 + 01.02.21.22
M‴ et M_1'''	10.13.30.33 − 11.12.31.32	M‴ ou M_1'''	10.13.30.33 + 11.12.31.32
	(36,*d*)		
M et M_1	23.20.03.00 + 22.21.02.01	M_1 ou M	23.20.03.00 − 22.21.02.01
M′ et M_1'	33.30.13.10 + 32.31.12.11	M_1' ou M	33.30.13.10 − 32.31.12.11
M″ et M_1''	03.00.23.20 + 02.01.22.21	M_1'' ou M	03.00.23.20 − 02.01.22.21
M‴ et M_1'''	13.10 33.30 + 12.11.32 31	M_1''' ou M‴	13.10.33.30 − 12.11.32.31

	(37,*a*)		(37,*b*) et (37,*c*)
M et M_1	10.03.20.33 − 11.02.21.32	M ou M_1	10.03.20.33 + 11 02.21.32
M′ et M_1'	00.13.30.23 − 01.12.31.22	M′ ou M_1'	00.13.30.23 + 01.12.31.22
M″ et M_1''	20.33.10.03 − 21.32.11.02	M″ ou M_1''	20.33.10.03 + 21.32.11.02
M‴ et M_1'''	30.23.00.13 − 31.22.01.12	M‴ ou M_1'''	30.23.00.13 + 31.22.01.12
	(37,*d*)		
M et M_1	13.00.23.30 + 12.01.22.31	M_1 ou M	13.00.23.30 − 12.01.22.31
M′ et M_1'	03.10.33.20 + 02.11.32.21	M_1' ou M′	03.10.33.20 − 02.11.32.21
M″ et M_1''	23.30.13.00 + 22.31.12.01	M_1'' ou M″	23.30.13.00 − 22.31.12.01
M‴ et M_1'''	33.20.03.10 + 32.21.02.11	M_1''' ou M‴	33.20.03.10 − 32.21.02.11
	(38,*a*)		(38,*b*) et (38,*c*)
M et M_1	21.00.22.03 + 20.01.23.02	M ou M_1	21.00.22.03 − 20.01.23.02
M′ et M_1'	31.10.32.13 + 30.11.33.12	M′ ou M_1'	31.10.32.13 − 30.11.33.12
M″ et M_1''	01.20.02.23 + 00.21.03.22	M″ ou M_1''	01.20.02.23 − 00.21.03.22
M‴ et M_1'''	11.30.12.33 + 10.31.13.32	M‴ ou M_1'''	11.30.12.33 − 10.31.13.32
	(38,*d*)		
M et M_1	22.03.21.00 − 23.02.20.01	M_1 ou M	22.03.21.00 + 23.02.20.01
M′ et M_1'	32.13.31.10 − 33.12.30.13	M_1' ou M′	32.13.31.10 + 33.12.30.13
M″ et M_1''	02.23.01.20 − 03.22.00.21	M_1 ou M″	02.23.01.20 + 03.22.00.21
M‴ et M_1'''	12.33.11.30 − 13.32.10.31	M_1''' ou M‴	12.33.11.30 + 13.32.10.31

	(39,*a*)		(39,*b*) et (39,*c*)
M et M_1	11.03.22.30+10.02.23.31	M ou M_1	11 03.22.30−10.02.23.31
M′ et M_1'	01.13.32.20+00.12.33.21	M′ ou M_1'	01.13.32.20−00.12.33.21
M″ et M_1''	21.33.12.00+20.32.13.01	M″ ou M_1''	21.33.12.00−20.32.13.01
M‴ et M_1'''	31.23.02.10+30.22.03.11	M‴ ou M_1'''	31.23.02.10−30.22.03.11
	(39,*d*)		
M et M_1	12.00.21.33−13.01.20.32	M_1 ou M	12.00.21.33+13.01.20.32
M′ et M_1'	02.10.31.23−03.11.30.22	M_1' ou M′	02.10.31.23+03.11.30.22
M″ et M_1''	22.30.11.03−23.31.10.02	M_1'' ou M″	22.30.11.03+23.31.10.02
M‴ et M_1'''	32.20.01.13−33.21.00.12	M_1''' ou M‴	32.20.01.13+33.21.00.12
	(40,*a*)		(40,*b*) et (40,*c*)
M et M_1	11.03.21.33−10.02.20.32	M ou M_1	11.03.21.33+10.02.20.32
M′ et M_1'	01.13.31.23−00.12.30.22	M′ ou M_1'	01.13.31.23+00.12.30.22
M″ et M_1''	21.33.11.03−20.32.10.02	M″ ou M_1''	21.33.11.03+20.32.10.02
M‴ et M_1'''	31.23.01.13−30.22.00.12	M‴ ou M_1'''	31.23.01.13+30.22.00.12
	(40,*d*)		
M et M_1	12.00.22.30+13.01.23.31	M_1 ou M	12.00.22.30−13.01.23.31
M′ et M_1'	02.10.32.20+03.11.33.21	M_1' ou M′	02.10.32.20−03.11.33.21
M″ et M_1''	22.30.12.00+23.31.13.01	M_1'' ou M″	22.30.12.00−23.31.13.01
M‴ et M_1'''	32.20.02.10+33.21.03.11	M_1''' ou M‴	32.20.02.10−33.21.03.11

	(41,*a*)		(41,*b*) et (41,*c*)
M et M_1	31.00.32.03+30.01.33.02	M ou M_1	31.00.32.03−30.01.33.02
M′ et M_1'	21.10.22.13+20.11.23.12	M′ ou M_1'	21.10.22.13−20.11.23.12
M″ et M_1''	11.20.12.23+10.21.13.22	M″ ou M_1''	11.20.12.23−10.21.13.22
M‴ et M_1'''	01.30.02.33+00.31.03.32	M‴ ou M_1'''	01.30.02.33−00.31.03.32
	(41,*d*)		
M et M_1	32.03.31.00−33.02.30.01	M_1 ou M	32.03.31 00+33.02.30.01
M′ et M_1'	22.13.21.10−23.12.20.11	M_1' ou M′	22.13.21.10+23.12.20.11
M″ et M_1''	12.23.11.20−13.22.10.21	M_1'' ou M″	12.23.11.20+13.22.10.21
M‴ et M_1'''	02.31.01.30−03.32.00 31	M_1''' ou M‴	02.31.01.30+03.32.00.31
	(42,*a*)		(42,*b*) et (42,*c*)
M et M_1	31.00.02.33+30.01.03.32	M ou M_1	31.00.02.33−30.01.03.32
M′ et M_1'	21.10.12.23+20.11.13.22	M′ ou M_1'	21.10.12.23−20.11.13.22
M″ et M_1	11.20.22.13+10.21.23.12	M ou M_1''	11.20.22.13−10.21.23.12
M‴ et M_1'''	01.30.32 03+00.31.33.02	M ou M_1'''	01.30.32.03−00.31.33.02
	(42,*d*)		
M et M_1	32.03.01.30−33.02.00.31	M_1 ou M	32.03.01.30+33.02.00.31
M′ et M_1'	22.13 11.20−23.12.10.21	M_1' ou M′	22 13.11.20+23.12.10.21
M″ et M_1'	12.23.21.10−13.22.20.11	M_1 ou M	12.23.21.10+13.22.20.11
M‴ et M_1'''	02.33.31.00−03.32.30.01	M_1' ou M″	02.33.31.00+03.32.30.01

	(43,*a*)		(43,*b*) et (43,*c*)
M et M_1	31.01.33.03 − 30.00.32.02	M ou M_1	31.01.33.03 + 30.00.32.02
M′ et M_1'	21.11.23.13 − 20.10.22.12	M′ ou M_1'	21.11.23.13 + 20.10.22.12
M″ et M_1''	11.21.13.23 − 10.20.12.22	M″ ou M_1''	11.21.13.23 + 10.20.12.22
M‴ et M_1'''	01.31.03.33 − 00.30.02.32	M‴ ou M_1'''	01.31.03.33 + 00.30.02.32
	(43,*d*)		
M et M_1	32.02.30.00 + 33.03.31.01	M_1 ou M	32.02.30.00 − 33.03.31.01
M′ et M_1'	22.12.20.10 + 23.13.21.11	M_1' ou M′	22.12 20.10 − 23.13.21.11
M″ et M_1''	12.22.10.20 + 13.23.11.21	M_1'' ou M″	12.22.10.20 − 13.23.11.21
M‴ et M_1'''	02.32.00.30 + 03.33.01.31	M_1''' ou M‴	02.32.00.30 − 03.33.01.31
	(44,*a*)		(44,*b*) et (44,*c*)
M et M_1	12.03.23.32 + 13.02.22.33	M ou M_1	12.03.23.32 − 13.02.22.33
M′ et M_1'	02.13.33.22 + 03.12.32.23	M′ ou M_1'	02.13.33.22 − 03.12.32.23
M″ et M_1''	22.33.13.02 + 23.32.12.03	M ou M_1''	22.33.13.02 − 23.32.12.03
M‴ et M_1'''	32.23.03.12 + 33.22.02.13	M‴ ou M_1'''	32.23.03.12 − 33.22.02.13
	(44,*d*)		
M et M_1	11.00.20.31 − 10.01.21.30	M_1 ou M	11.00.20.31 + 10.01.21.30
M′ et M_1'	01.10.30.21 − 00.11.31.20	M_1' ou M′	01.10.30.21 + 00.11.31.20
M″ et M_1''	21.30.10.01 − 20.31.11.00	M_1'' ou M″	21.30.10.01 + 20.31.11.00
M‴ et M_1'''	31.20.00.11 − 30.21.01.10	M_1''' ou M‴	31.20.00.11 + 30.21.01.10

	(45,*a*)		(45,*b*) et (45,*c*)
M et M_1	11.00.23.32+10.01.22.33	M ou M_1	11.00.23.32−10.01.22.33
M′ et M_1'	01.10.33.22+00.11.32.23	M′ ou M_1'	01.10.33.22−00.11.32.23
M″ et M_1''	21.30.13.02+20.31.12.03	M″ ou M_1''	21.30.13.02−20.31.12.03
M‴ et M_1'''	31.20.03.12+30.21.02.13	M‴ ou M_1'''	31.20.03.12−30.21.02.13
	(45,*d*)		
M et M_1	12.03.20.31−13.02.21.30	M_1 ou M	12.03.20.31+13.02.21.30
M′ et M_1'	02.13.30.21−03.12.31.20	M_1' ou M′	02.13.30.21+03.12.31.20
M″ et M_1''	22.33.10.01−23.32.11.00	M_1'' ou M″	22.33.10.01+23.32.11.00
M‴ et M_1'''	32.23.00.11−33.22.01.10	M_1''' ou M‴	32.23.00.11+33.22.01.10
	(46,*a*)		(46,*b*) et (46,*c*)
M et M_1	11.02.23.30+10.03.22.31	M ou M_1	11.02.23.30−10.03.22.31
M′ et M_1'	01.12.33.20+00.13.32.21	M′ ou M_1'	01.12.33.20−00.13.32.21
M″ et M_1''	21.32.13.00+20.33.12.01	M″ ou M_1''	21.32.13.00−20.33.12.01
M‴ et M_1'''	31.22.03.10+30.23.02.11	M‴ ou M_1'''	31.22.03.10−30.23.02.11
	(46,*d*)		
M et M_1	12.01.20.33−13.00.21.32	M_1 ou M	12.01.20.33+13.00.21.32
M′ et M_1'	02.11.30.23−03.10.31.22	M_1' ou M′	02.11.30.23+03.10.31.22
M″ et M_1''	22.31.10.03−23.30.11.02	M_1'' ou M″	22.31.10.03+23.30.11.02
M‴ et M_1'''	32.21.00.13−33.20.01.12	M_1''' ou M‴	32.21.00.13+33.20.01.12

	(47,*a*)		(47,*b*) et (47,*c*)
M et M_1	21.00.02.23+20.01.03.22	M ou M_1	21.00.02.23−20.01.03.22
M′ et M_1'	31.10.12.33+30.11.13.32	M′ ou M_1'	31.10.12.33−30.11.13.32
M″ et M_1''	01.20.22.03+00.21.23.02	M″ ou M_1''	01.20.22.03−00.21.23.02
M‴ et M_1'''	11.30.32.13+10.31.33.12	M‴ ou M_1'''	11.30.32.13−10.31.33.12
	(47,*d*)		
M et M_1	22.03.01.20−23.02.00.21	M_1 ou M	22.03.01.20+23.02.00.21
M′ et M_1'	32.13.11.30−33.12.10.31	M_1' ou M′	32.13.11.30+33.12.10.31
M″ et M_1''	02.23.21.00−03.22.20.01	M_1'' ou M	02.25.21.00+03.22.20.01
M‴ et M_1'''	12.33.31.10−13.32.30.11	M_1''' ou M‴	12.33.31.10+13.32.30.11
	(48,*a*)		(48,*b*) et (48,*c*)
M et M_1	11.03.23.31−10.02.22.30	M ou M_1	11.03.23.31+10.02.22.30
M′ et M_1'	01.13.33.21−00.12.32.20	M′ ou M_1'	01.13.33.21+00.12.32.20
M″ et M_1''	21.33.13.01−20.32.12.00	M″ ou M_1''	21.33.13.01+20.32.12.00
M‴ et M_1'''	31.23.03.11−30.22.02.10	M‴ ou M_1'''	31.23.03.11+30.22.02.10
	(48,*d*)		
M et M_1	12.00.20.32+13.01.21.33	M_1 ou M	12.00.20.32−13.01.21.33
M′ et M_1'	02.10.30.22+03.11.31.23	M_1' ou M′	02.10.30.22−03.11.31.23
M″ et M_1	22.30.10.02+23.31.11.03	M_1'' ou M″	22.30.10.02−23.31.11.03
M‴ et M_1'''	32.20.00.12+33.21.01.13	M_1''' ou M‴	32.20.00.12−33.21.01.13

	(49,*a*)		(49,*b*) et (49,*c*)
M et M_1	12.00.23.31−13.01.22.30	M ou M_1	12.00.23.31+13.01.22.30
M′ et M_1'	02.10.33.21−03.11.32.20	M′ ou M_1'	02.10.33.21+03.11.32.20
M″ et M_1''	22.30.13.01−23.31.12.00	M″ ou M_1''	22.30.13.01+23.31.12.00
M‴ et M_1'''	32.20.03.11−33.21.02.10	M‴ ou M_1'''	32.20.03.11+33.21.02.10
	(49,*d*)		
M et M_1	11.03.20.32+10.02.21.33	M_1 ou M	11.03.20.32−10.02.21.33
M′ et M_1'	01.13.30.22+00.12.31.23	M_1' ou M′	01.13.30.22−00.12.31.23
M″ et M_1''	21.33.10.02+20.32.11.03	M_1'' ou M″	21.33.10.02−20.32.11.03
M‴ et M_1'''	31.23.00.12+30.22.01.13	M_1''' ou M‴	31.23.00.12−30.22.01.13
	(50,*a*)		(50,*b*) et (50,*c*)
M et M_1	21.01.03.23−20.00.02.22	M ou M_1	21.01.03.23+20.00.02.22
M′ et M_1'	31.11.13.33−30.10.12.32	M′ ou M_1'	31.11.13.33+30.10.12.32
M″ et M_1''	01.21.23.03−00.20.22.02	M″ ou M_1''	01.21.23.03+00.20.22.02
M‴ et M_1'''	11.31.33.13−10.30.32.12	M‴ ou M_1'''	11.31.33.13+10.30.32.12
	(50,*d*)		
M et M_1	22.02.00.20+23.03.01.21	M_1 ou M	22.02.00.20−23.03.01.21
M′ et M_1'	32.12.10.30+33.13.11.31	M_1' ou M′	32.12.10.30−33.13.11.31
M″ et M_1''	02.22.20.00+03.23.21.01	M_1'' ou M″	02.22.20.00−03.23.21.01
M‴ et M_1'''	12.32.30.10+13.33.31.11	M_1''' ou M‴	12.32.30.10−13.33.31.11

	(51,*a*)		(51,*b*) et (51,*c*)
M et M_1	12.01.23.30−13.00.22.31	M ou M_1	12.01.23.30+13.00.22.31
M′ et M_1'	02.11.33.20−03.10.32.21	M′ ou M_1'	02.11.33.20+03.10.32.21
M″ et M_1''	22.31.13.00−23.30.12.01	M″ ou M_1''	22.31.13.00+23.30.12.01
M‴ et M_1'''	32.21.03.10−33.20.02.11	M‴ ou M_1'''	32.21.03.10+33.20.02.11
	(51,*d*)		
M et M_1	11.02.20.33+10.03 21.32	M_1 ou M	11.02.20.33−10.03.21.32
M′ et M_1'	01.12.30.23+00 13.31.22	M_1' ou M′	01.12.30.23−00.13.31.22
M″ et M_1''	21.32.10.03+20.33.11.02	M_1'' ou M″	21.32.10.03−20.33.11.02
M‴ et M_1'''	31.22.00.13+30.23.01.12	M_1''' ou M‴	31.22.00.13−30.23.01.12

RECHERCHES ANATOMIQUES

ET PHYSIOLOGIQUES

SUR LE DÉVELOPPEMENT DU FŒTUS,

ET EN PARTICULIER

SUR L'ÉVOLUTION EMBRYONNAIRE

DES OISEAUX ET DES BATRACIENS,

PAR MM. A. BAUDRIMONT ET G. J. MARTIN SAINT-ANGE.

GRAND PRIX DES SCIENCES PHYSIQUES POUR 1846.

L'Académie des sciences a remis au concours la question suivante:

« Déterminer, par des expériences précises, quelle est la succession « des changements chimiques, physiques et organiques, qui ont lieu « dans l'œuf pendant le développement du fœtus chez les oiseaux et les « batraciens. »

Les concurrents devront tenir compte des rapports de l'œuf avec le milieu ambiant naturel; ils examineront, par des expériences directes, l'influence des variations artificielles de la température et de la composition chimique de ce milieu.

L'Académie désire que, loin de se borner à constater dans les diverses parties de l'œuf la présence des principes immédiats que l'analyse en retire, les auteurs fassent tous leurs efforts pour constater, à l'aide du microscope, l'état dans lequel ces principes immédiats s'y rencontrent.

Les concurrents auront aussi à examiner pour les œufs d'oiseaux leur incubation dans divers gaz; pour ceux des batraciens, leur développement dans des eaux plus ou moins chargées de sels, plus ou moins aérées.

INTRODUCTION.

L'étude de la formation et du développement des êtres organisés a de tout temps excité l'intérêt des anatomistes et des physiologistes; mais c'est depuis quelques années seulement que les recherches d'ovologie comparée ont plus vivement fixé l'attention sur cette haute et importante question, qui se rattache aux plus profonds mystères de la vie. Ce n'est pas, en effet, sans un sentiment d'admiration qu'on voit des organes en apparence si simples revêtir, degré par degré, sous l'influence d'une force organisatrice, des formes nouvelles, et produire des êtres de plus en plus parfaits, jusqu'à l'homme enfin, ce chef-d'œuvre de toute création. *Cet intérêt*, qui n'a été qu'une simple curiosité pour les anciens observateurs, occupés plutôt de la comparaison de l'embryon et du fœtus avec l'adulte, que des premiers changements organiques qui s'opèrent au commencement de toute création, est devenu bien puissant de nos jours. Aussi l'Académie ne se borne pas à demander les divers degrés d'évolution embryonnaire; ce travail, que nos contemporains surtout ont si largement esquissé, quoique imparfait encore sur plusieurs points, n'a besoin en réalité que d'être perfectionné. Il n'en est pas de même de la question proposée; elle est entièrement neuve, hérissée de difficultés et d'une tout autre importance, puisqu'elle consiste, non plus à faire la description exacte d'un organe déjà en voie de métamorphose, mais bien à faire connaître la nature, la disposition, la forme des éléments qui doivent constituer ces organes; le rapport des molécules primitives, provenant des souches vivantes, mais restées inertes et point aptes à la reproduction, jusqu'au moment de la fécondation, phénomène vital qui entraîne seul la succession des changements que nous avons à déterminer. Bien que la science ne possède que

fort peu de chose relativement à la question que nous avons à traiter, nous allons indiquer rapidement tout ce qui a rapport à ce sujet, avant d'entrer en matière.

En tenant compte des travaux entrepris sur la formation des animaux, nous voyons que déjà Aristote s'occupait du développement du poulet, mais seulement au point de vue particulier de la zoologie. Fabrice d'Aqua-Pendente a donné la description assez détaillée des enveloppes du fœtus. Harvey, le premier, dit que tout animal provient d'un œuf, et, par cette idée si hardie, il a infiniment contribué à préparer la voie à ses successeurs. Malpighi suivit à l'aide du microscope, qui n'avait pas encore été employé pour des recherches anatomiques, les premiers développements du poulet, sans toutefois tenir compte des modifications qui se passent dans les parties constituant les organes. De Graaf découvrit le premier la vésicule qui porte son nom, et suivit les premières formations du lapin, toujours au point de vue du développement des organes. Needham s'attacha plus particulièrement à l'étude des enveloppes de l'œuf des mammifères et de l'homme; il distingua le premier la vésicule ombilicale et fit de curieuses observations sur le placenta. Vers la fin du XVII^e^ siècle et le commencement du XVIII^e^, on vit paraître les travaux remarquables de Duverney, de Rouhaut, de Méry, de Winslow, etc. Boerhaave et Morgagni parlèrent en faveur de la méthode de Malpighi que Ruysch croyait pouvoir combattre. Haller reconnut et confirma tout ce qu'on avait fait avant lui, sur le développement de l'homme et des animaux. Il a loué, entre autres, le travail de Roesel sur l'histoire naturelle des grenouilles, bien qu'il n'y ait dans ce livre aucun fait important. Du reste, Haller fit lui-même, en 1758, époque où parut le livre de Roesel, des travaux remarquables sur la formation du cœur, sur le développement des os, sur l'ovologie du poulet et sur l'ovologie et l'embryologie des mammifères. Wolf s'occupa avec bonheur de l'évolution première du canal intestinal et de la transformation vasculaire de la membrane ombilicale du poulet. Sabatier a cherché à bien faire connaître la

disposition intérieure du cœur du fœtus. Wriberg a donné une bonne description des enveloppes de l'œuf humain. De nos jours, M. Dutrochet a fait un intéressant travail sur l'analogie des enveloppes du fœtus chez les vivipares et les ovipares. Bajanus et M. Coste ont donné, d'une manière plus précise encore, la description des enveloppes fœtales du chien, de la brebis et du lapin. Mais, pour bien comprendre l'ordre dans lequel ces enveloppes disparaissent à mesure qu'elles atteignent leur entier développement, il est indispensable de connaître la loi de substitution organique établie par l'un de nos plus célèbres physiologistes, M. Flourens, loi qui nous servira plus tard à la détermination exacte des membranes propres et des membranes accessoires de l'œuf. M. Purkinje a d'abord découvert, chez les oiseaux, la vésicule germinative, que MM. Coste, Baër, Wagner, Rathke et Valantin, ont ensuite retrouvée chez les mammifères, les reptiles et les poissons, ainsi que chez la plupart des invertébrés. MM. Diellenger, Pockels, Burdach, Velpeau, Breschet et Serres, pensent que l'amnios est une membrane séreuse qui contient l'embryon. MM. Prévost et Dumas, dans leur remarquable travail sur la génération (1824-27) ont étudié l'ovule dans l'ovaire; l'action des spermatozoïdes sur cet ovule; les changements organiques survenus dans l'œuf après la fécondation chez les mammifères, les oiseaux et les reptiles. Tout ce que ces derniers savants ont figuré, relativement au développement de l'œuf fécondé, a été vu à un grossissement de 10 diamètres seulement. M. Rusconi, en 1826, a fait paraître un mémoire des plus intéressants sur le développement de la grenouille commune, dans lequel il revient sur des faits déjà observés par MM. Prévost et Dumas. Les planches qu'il a publiées sont d'un rare fini et d'une remarquable exactitude; néanmoins, il s'est plutôt occupé des changements survenus dans la forme des organes que de ceux qui ont lieu dans leurs parties constituantes. De plus, il n'a point assez nettement déterminé les enveloppes fœtales, ni donné une bonne et satisfaisante raison du phénomène qu'on observe après la fécondation, relativement à la position de l'œuf,

dont la partie brune est toujours dirigée en haut. Quant à ce qui est de la nutrition des organes du fœtus, M. Rusconi la cherche dans le liquide au milieu duquel se trouvent les œufs plutôt que dans la substance même du vitellus. Jusque-là nous ne voyons en ovologie et en embryologie que des modifications superficielles, pour ainsi dire, qui se passent dans l'œuf d'abord, puis dans les organes du nouvel être. Il n'est surtout question, dans les auteurs que nous venons de citer, que de la découverte des premiers développements de la colonne vertébrale et de la moelle épinière, des évolutions du cœur et du système sanguin; de la formation du poumon, de l'encéphale, du canal intestinal, des reins primitifs; du système osseux; de la découverte également de la vésicule ombilicale, de la vésicule germinative et de la description des enveloppes de l'œuf et de celles du fœtus. Or tout cela n'est nullement de nature à élucider la question que nous avons à traiter. Quant aux recherches qui ont été faites plus particulièrement sur l'ovule, on les trouve consignées dans l'excellent ouvrage de Wagner. Ces corpuscules, dit-il, sont placés chez les mammifères, dans d'autres cellules plus grandes de l'ovaire, qui sont les follicules de Graaf. Ceux-ci ont une grandeur d'une ou plusieurs lignes, sont logés dans le stroma de l'ovaire et apparaissent à travers l'enveloppe péritonéale. Il n'est pas rare de les voir s'élever au-dessus du stroma et montrer des élévations globuleuses. Lorsque le stroma est très-faible, les follicules de Graaf forment assez souvent des globules pédiculés. Les vésicules de Graaf consistent en deux membranes, dont l'externe est très-riche en vaisseaux et l'interne munie d'un épithélium velouté. La cavité de la vésicule est loin d'être remplie par le petit ovule; elle contient, de plus, une masse albumineuse blanchâtre ou jaunâtre, qui, placée sous le microscope, ne présente, en grande partie, que des granules de 1/200 à 1/300 de ligne. Ces granules semblent être réunis ensemble *par un liquide visqueux;* ils le sont très-fortement surtout dans les environs de l'œuf, qui est inséré dans une masse de ces granules condensés en forme de disque, comme la vésicule pro-

lifère ou germinative l'est chez les oiseaux et autres animaux en général. L'œuf, encore très-petit et non parvenu à maturité, est placé au centre du follicule ou vésicule de Graaf; lorsqu'il est parvenu à maturité il se trouve situé très-près de la membrane interne de ce dernier, et inséré dans le disque granuleux. Le vitellus consiste en une masse de granules très-fins dans laquelle se trouvent disséminés des globules plus ou moins gros et des taches de graisse. La vésicule germinative apparaît distinctement sous la forme d'un anneau clair et se trouve placée, dans les œufs mûrs, immédiatement contre la membrane vitelline, qui renferme toutes les parties que nous venons d'indiquer. Relativement à la vésicule de Graaf, nous devons également signaler les recherches faites par M. Pouchet. Ce zoologiste habile a suivi toutes les phases de son développement et a fait connaître avec détail l'origine, la formation et le développement des corps jaunes qui ne seraient dus qu'à l'accroissement de la membrane propre de la vésicule de Graaf. M. Pouchet, qui a le premier bien établi l'ovulation spontanée et périodique des mammifères, pense que la fécondation ne s'opère que dans les trompes. Or cette idée, déjà émise par MM. Prévost et Dumas, n'est point entièrement sanctionnée par les faits, ainsi que nous aurons occasion de le démontrer plus tard. Enfin M. Deschamps croit pouvoir établir une différence entre l'œuf sorti de l'ovaire par suite de la conception et celui qui s'en sépare après chaque époque menstruelle : dans le premier cas, il y aurait un véritable chorion autour de l'œuf, et, dans le second, le chorion demeurerait fixé à l'ovaire.

Il nous reste actuellement à signaler les travaux tout récents qui ont été faits sur la composition même des parties constituant l'œuf des oiseaux : nous voulons parler du savant mémoire, sur la formation des organes de la circulation et du sang, par MM. Prévost et Lebert. Bien que le titre donné par les auteurs à leur mémoire ne semble pas contenir des recherches microscopiques sur la nature du vitellus, on y trouve pourtant des détails précis à ce sujet, que nous ne devons pas manquer d'indiquer ici,

leur connaissance étant très-utile dans la question que nous avons à traiter.

Pour MM. Prévost et Lebert, l'œuf propre à la fécondation est composé, outre les parties extérieures et protectrices, du jaune et de la cicatricule, l'un et l'autre renfermés dans une membrane commune, très-fine. Le jaune se compose de granules moléculaires de $0^{mm},001$ à $0^{mm}003$ de diamètre, de vésicules graisseuses de $0^{mm},05$ à $0^{mm},02$, et de grands globules de $0^{mm},2$ à $0^{mm},06$. Il renferme, de plus, une huile particulière. La cicatricule non fécondée est composée de granules moléculaires, de petites vésicules graisseuses, d'agminations de ces deux éléments, de globules agminés de $0^{mm},02$ à $0^{mm},04$, de globules granuleux de $0^{mm},02$ à $0^{mm},03$, et de globules gélatineux et graisseux de $0^{mm},005$, à $0^{mm},02$.

La formation des cellules de la cicatricule se fait par confluence périphérique et condensation en membrane d'enveloppe de la surface des agminations des granules ou des vésicules, ou de l'un et de l'autre. *Ce n'est nullement une formation de cellules autour de noyaux préformés.*

Suivant Bischoff, le jaune ou vitellus des mammifères se compose d'une masse à grains fins, qui, chez certains animaux, est *assez fluide pour s'écouler aussitôt* après l'ouverture de la zone; ce qui permet de reconnaître positivement qu'elle consiste en un liquide mêlé de grains arrondis, distincts les uns des autres, et de volumes divers. Le même auteur n'a point trouvé que le jaune de l'œuf humain et celui d'autres animaux fût composé ainsi : il serait au contraire, pour ces derniers, formé d'une masse cohérente, *indistinctement granulée, transparente, visqueuse*, qui ne s'étalerait pas quand on fend ou quand on *écrase l'œuf;* M. Bischoff semble admettre en outre que la membrane vitelline et le jaune existent d'abord, et que dans la cellule produite par cette membrane, il s'en forme une nouvelle, la vésicule germinative; c'est-à-dire *qu'il y a production d'une cellule dans une cellule*, ou que, comme la vésicule germinative se produit réellement la pre-

mière, la tache germinative est le noyau de la cellule primitive, que la vésicule germinative qui se développe autour d'elle est la cellule primitive, enfin que la membrane vitelline et le jaune sont des formations secondaires. On voit, d'après cela, en quoi l'opinion de cet anatomiste distingué diffère de celle émise après lui par MM. Prévost et Lebert.

J. Muller adopte, en parlant de la masse vitelline, les opinions de Schwann, qui a fait voir que l'œuf des animaux est une cellule, et que la membrane vitelline représente la paroi de cette cellule, la vésicule germinative son noyau, le jaune enfin son contenu. Ce même auteur a de plus cherché à démontrer que les cellules vitellines naissent dans une cellule mère, l'œuf, et que les premiers commencements de l'embryon consistent en des cellules. D'après Schwann enfin les cellules vitellines participent à la vie mise en éveil par l'incubation. Elles opèrent dans leur propre contenu une métamorphose par suite de laquelle l'albumine qu'elles renferment perd sa coagulabilité, et les granulations se dissolvent, de même que chez l'embryon végétal les granules d'amidon se dissolvent dans les cellules. Suivant M. Coste, le vitellus n'est point une cellule ou une vésicule remplie de granules, mais tout simplement une sphère granuleuse, homogène, dont tous les grains sont maintenus agglutinés par une matière intersticielle diaphane, matière dont la *rétraction* donne à la masse totale la régularité en quelque sorte géométrique qu'elle affecte. Ainsi, contrairement aux opinions de Barry et de Bergmann, qui admettent une seconde membrane vitelline autour du jaune, M. Coste croit pouvoir en nier l'existence d'une manière positive. Quant aux phénomènes qui sont relatifs à la segmentation successive du vitellus, après la fécondation, cet observateur admet, pour en donner l'explication, qu'une goutte graisseuse ou oléagineuse, cachée au sein des granulations, sous forme de globe, y subit un *étranglement* d'où résulte la première scissure du vitellus. D'après ce principe, chaque partie divisée, en admettant toujours un étranglement successif pour chaque globule oléagineux, se subdivise au centre des gra-

nules du jaune et constitue de la sorte la multiplication des sphères vitellines. Indépendamment de cette explication toute spécieuse, M. Coste admet que chaque globule graisseux central porte lui-même dans son sein un globule générateur beaucoup plus petit et qui paraît jouer, par rapport au globule graisseux, le même rôle que ce globule graisseux remplit à l'égard des sphères vitellines dont il s'enveloppe. Nous examinerons plus tard la valeur de chacune de ces opinions.

A côté de ces faits, nous placerons le résumé des travaux que le célèbre professeur d'embryogénie du Muséum a si consciencieusement établis. Pour M. Serres, l'œuf des femelles, avant l'imprégnation, se compose de trois parties fondamentales : d'une membrane cingeante extérieure, ou le chorion; d'une masse granuleuse, qui est le vitellus, et d'une vésicule particulière nommée prolifère. Celle-ci serait la première développée et elle atteindrait son développement, que la masse vitelline serait encore incolore, sans globules jaunes, et sans enveloppe propre. M. Serres admet avec M. Wagner qu'une masse albumineuse entoure la vésicule prolifère, et que cette vésicule s'élève insensiblement, à mesure que se forment les globules vitellins, dont la pesanteur spécifique paraît plus forte que le liquide clair qui remplit la vésicule prolifère. Par cette évolution, continue M. Serres, la vésicule germinatrice arrive ainsi à la superficie du vitellus, qui se *revêt alors d'une membrane propre*, et qui présente au point correspondant à la vésicule prolifère un disque d'un jaune clair (le disque prolifère) dont le but est de la maintenir en place. C'est à cette partie que M. Serres a donné le nom de ligament prolifère. La position excentrique de la vésicule génératrice et l'appareil qui la fixe dans cette position sont les préliminaires indispensables de l'imprégnation qui doit être opérée par le zoosperme. En effet, la rupture de la vésicule prolifère étant, d'après M. Serres, le résultat *immédiat* de la fécondation, le fluide qu'elle contenait s'échapperait de tous côtés si la vésicule n'avait pas été fixée par le disque prolifère, qui oblige la semence animale à se maintenir en rapport avec

la seule partie du vitellus qui puisse favoriser ses développements ultérieurs. De ce fait important, à savoir que la vésicule prolifère gagne la périphérie de l'œuf pour rendre possible l'imprégnation, M. Serres a conclu que le premier acte de la génération est un phénomène fondé sur le principe de l'excentricité des organismes. Mais tandis que tous les embryologistes répètent depuis Dœlinger que le disque prolifère se transforme en membrane blastodermique, sans rechercher de quelle manière cette transformation s'opère, M. Serres a trouvé que le premier acte de la fécondation consiste à séparer en deux parties égales le disque prolifère, à le diviser en deux sacs, l'un à droite, l'autre à gauche, ou à symétriser enfin les réceptacles des organismes. L'intervalle entre chaque sac constitue un vide que l'on a nommé ligne primitive, ligne que l'on a, d'après cela, regardée à tort comme le rudiment primitif de la moelle, comme le représentant du zoosperme ou de la corde dorsale.

Voilà en quelques mots le résumé historique des travaux anatomiques entrepris sur le développement de l'œuf des animaux vertébrés. Il est facile de voir qu'ils laissent des lacunes à combler et que, souvent même, ils présentent des contradictions évidentes.

Il suffira de dire, à l'appui de cette assertion, que la vésicule germinative, dont la découverte est toute récente et qui, cependant, joue un rôle si important dans l'évolution des êtres, n'a pas été suivie d'une manière certaine, à notre point de vue, au delà des premiers temps de la formation de l'œuf, ni même avant la fécondation. Nos observations établissent d'une manière positive les différentes phases, le rôle et le développement de cette vésicule.

Indépendamment des faits anatomiques acquis à la science, l'Académie a demandé que, *loin de se borner à constater, dans les diverses parties de l'œuf, la présence des principes immédiats que l'analyse en retire, les auteurs fissent tous leurs efforts pour constater, à l'aide du microscope, l'état dans lequel ces principes immédiats s'y rencontrent.*

Pour satisfaire à cette importante partie du programme, nous

avons pu, dans une foule de circonstances, à l'aide de réactifs particuliers, rendre visibles des choses qui sans cela eussent échappé complétement à l'observation. C'est ainsi que nous rendons évidente la structure particulière de l'albumine et que nous avons même pu mesurer le diamètre des globules qui la forment. Pleins de confiance dans nos moyens d'observation, assurés de ne rien publier qui ne pût être facilement démontré, nous avons cependant voulu éviter qu'on nous opposât les chances d'erreurs auxquelles les micrographes n'ont malheureusement pas toujours su se soustraire. Pour cela nous avons confié à la nature elle-même le soin de représenter les principaux objets de nos observations, et, à l'aide du microscope solaire, combiné avec l'appareil daguerrien, nous avons obtenu des images fidèles, auxquelles nulle objection ne peut être faite.

Mais les observations demandées d'une manière si positive par l'Académie, répétées à des époques très-rapprochées, sur un même être ou sur différents êtres placés dans les mêmes conditions, et suivant les mêmes phases d'évolution, ne devaient-elles point faire assister l'observateur au développement de la texture organique? C'est en effet ce qui est arrivé.

Des observations de cette nature ne conduisent-elles point à la création d'une nouvelle science ou au moins d'un rameau de la science universelle, qui serait à l'anatomie de texture ce qu'est l'organogénie à l'anatomie de structure ou descriptive?

La connaissance que nous avons acquise des fonctions précises remplies par différentes parties de l'œuf nous a permis de mieux suivre les modifications organiques et d'en tracer le parallèle dans l'échelle des vertébrés. C'est ainsi qu'il nous a été possible de suivre et de comparer, dans toutes les classes des vertébrés où elles existent, la vésicule ombilicale et l'allantoïde.

Si la partie anatomique laissait beaucoup à désirer au point de vue du développement de la texture et de la structure des organes, la partie physiologique était presque tout entière à créer.

En effet, comment s'opèrent les métamorphoses des éléments organiques au point de vue chimique? Les fluides ambiants jouent-ils un rôle dans ces réactions surprenantes?

A ces questions, aucune réponse positive ne pouvait être faite Seulement quelques observateurs avaient soupçonné la vérité, sans toutefois l'établir sur des faits assez directs et assez positifs pour être irrécusables; mais en 1822 M. Geoffroy-Saint-Hilaire a déterminé avec assez d'exactitude la perte de poids éprouvée par l'œuf pendant l'incubation. En 1825, MM. Prévost et Dumas ont fait des expériences sur le même objet en opérant sur des œufs fécondés et non fécondés.

De plus, en incinérant des œufs frais et des œufs couvés à terme, ces savants ont vu que le poids de la matière anorganique demeurait sensiblement invariable pendant l'incubation, tandis qu'il y avait une perte réelle de matière organique; et ils affirment que *cette perte de poids provient en grande partie de l'eau qui s'est évaporée, et que le reste est dû à la transformation d'une certaine quantité de carbone en acide carbonique.* (*Dictionn. classique d'Hist. naturelle*, tome XII, pages 120 et suiv.; *Annales des Sciences naturelles*, tome IV, page 48.)

En novembre 1837, M. Chevreul, dans des *Considérations générales et inductions relatives à la matière des êtres vivants*, dit: « Entre la germination et le développement du germe dans l'œuf, il y a ce rapport, qu'une certaine température et le contact de l'oxygène atmosphérique sont indispensables, et cette différence, que la plupart des graines ne germent qu'en prenant de l'eau au dehors; tandis que les œufs, au moins ceux des oiseaux, contiennent une plus grande quantité de liquide qu'il n'en faut pour le développement du germe. En effet, d'après mes expériences, ils en perdent un cinquième environ, terme moyen, pendant l'incubation. Le jeune végétal trouve dans la graine, comme le jeune animal dans l'œuf, tout ce qui est nécessaire à son développement, sauf la température, le gaz atmosphérique, et, pour la germination,

l'eau qui vient du dehors... » M. Chevreul n'a pas fait connaître les expériences qui lui ont donné de tels résultats.

En 1842, à la fin de son Essai de statique chimique des êtres organisés, M. Dumas reproduit les expériences faites en 1822 avec M. Prévost, et consignées dans le Dictionnaire classique d'Histoire naturelle.

MM. Schwann et Magnus ont entrepris des expériences par lesquelles ils ont démontré l'indispensable nécessité de la présence de l'air pendant l'incubation des œufs des oiseaux.

Après ces observations si précises, on ne peut que grouper des faits mal observés et qui offrent les contradictions les plus choquantes. Erman affirme avoir opéré l'incubation dans des gaz irrespirables; et, d'autre part, M. Bischoff et M. Dulk ont reconnu que la chambre à air renfermait un gaz contenant jusqu'à 0,27 d'oxygène. M. Wagner, qui reconnaît la fonction respiratoire de l'allantoïde, veut concilier ces faits plutôt que d'admettre la possibilité d'une erreur d'observation. M. Prout (*Philosophical Transactions*, 1822) admet, à la suite d'expériences, que la quantité de chaux contenue dans l'œuf est plus grande après qu'avant l'incubation. Cela est vrai si l'on rapporte la quantité de chaux à l'œuf pris après l'incubation, et si l'on ne tient pas compte de la perte de poids éprouvée par ce dernier; cette observation a d'ailleurs été discutée par M. Berzélius, qui a indiqué l'origine probable de l'erreur de M. Prout.

Le résumé historique qui vient d'être exposé fait voir que quelques points à peine de l'étude des phénomènes chimiques de l'incubation ont été élucidés, mais qu'il importait de la reprendre sous divers points de vue pour en obtenir la confirmation, et qu'en réalité presque tout était encore à faire. En effet, il fallait d'abord étudier l'influence que les agents ambiants exercent sur l'œuf pendant l'incubation, voir si l'air y pénétrait, s'il s'y trouvait modifié; en un mot, ce qu'il perdait et ce qu'il gagnait pendant la durée de ce phénomène. Après cette première étude, il restait encore à rechercher les modifications survenues dans la nature des élé-

ments organiques contenus dans l'œuf, et c'est là évidemment une des questions les plus dignes d'intérêt : en un mot, quelles sont les modifications successives que les éléments organiques contenus dans l'œuf des oiseaux, albumine et matières grasses, éprouvent sous l'influence de la fécondation et de l'incubation ; comment s'opère le passage d'un élément dans un autre ; quels sont les éléments organiques simplement modifiés ou si profondément altérés qu'ils semblent être le résultat d'une véritable création. La répartition de la matière anorganique ou incombustible méritait aussi d'attirer l'attention, car elle joue un rôle immense et modifie profondément les propriétés des tissus qu'elle ne fait que pénétrer.

Après avoir étudié les œufs qui subissent leur incubation dans l'air, il restait à les comparer avec ceux qui la subissent dans l'eau. On verra, dans ce travail, que ces derniers réclament les mêmes influences que les premiers.

De l'étude attentive des principaux phénomènes de l'évolution embryonnaire, il est résulté que les fonctions de plusieurs organes des animaux soit temporaires, soit persistants, ont été déterminées avec une grande précision, et que, par la nature même de ce travail qui exigeait que les faits fussent étudiés dès leur origine, il est résulté une plus grande simplicité et, par suite, une analyse plus complète qui a permis de les embrasser dans toute leur étendue, à partir du moment de leur première apparition jusqu'à leur entier développement chez l'être complet et adulte. C'est ainsi que la respiration, la formation du squelette et, en général, celle de tous les éléments organiques ont pu être comparées dans toute l'étendue de la vie d'un animal, depuis l'état embryonnaire jusqu'à son développement complet, et, par suite, dans toute l'échelle animale.

C'est encore ainsi que, par suite d'observations du même ordre, la fonction respiratoire de l'œuf des poules étant démontrée, il a fallu chercher par où l'air y entrait et comment il en sortait. De là la recherche de la structure de la coquille et de celle des différentes parties qui la forment ; la détermination des fonctions

de chacune d'elles; l'examen de la chambre à air, ses fonctions, celles de l'allantoïde, celles de la vésicule ombilicale, celles du placenta des mammifères. De là la détermination exacte des fonctions de tous ces organes temporaires, qui semblent accompagner le germe animal, comme les cotylédons accompagnent le germe végétal. Il fallait encore déterminer dans quelle circonstance, comment et pourquoi ces organes viennent à manquer dans quelques classes d'animaux, et par quoi ils sont remplacés. Car les fonctions principales de nutrition existent partout, mais partout elles ne s'accomplissent point à l'aide d'organes identiques. La respiration embryonnaire a-t-elle lieu chez tous les vertébrés? Le mucus qui entoure les œufs des animaux aquatiques est-il perméable aux agents ambiants? Quel est le temps nécessaire à cette perméabilité? Toutes ces questions nous les avons étudiées, et nous avons fait tout ce qui a dépendu de nous pour en trouver la solution.

La composition chimique des œufs et des animaux à différents degrés de développement a aussi attiré notre attention d'une manière toute spéciale. Elle a été examinée au point de vue de la nature des éléments tant ultimes qu'immédiats, et au point de vue du rapport pondéral existant entre eux, aux différents degrés de l'échelle animale, et aux différents âges d'une même espèce. Nous avons ainsi obtenu des résultats qui par leur singularité nous paraissent devoir attirer l'attention des observateurs.

Le travail que nous avons l'honneur de soumettre au jugement de l'Académie comprend donc des recherches anatomiques sur les modifications de texture et de structure des organes des animaux vertébrés; des recherches physiologiques sur les fonctions de l'œuf, de ses diverses parties, des organes temporaires et permanents des animaux; enfin une partie toxicologique dans laquelle, selon le vœu de l'Académie, nous examinons l'action de différents gaz sur les œufs aériens pendant l'incubation, et celle de quelques gaz, de plusieurs sels et de quelques agents très-vénéneux dissous dans l'eau, sur les œufs aquatiques des batraciens.

Comme on pourra le voir dans notre mémoire, il est résulté de toutes ces observations un ensemble de faits qui se confirment mutuellement.

Les faits principaux ont été représentés, soit à l'aide de dessins, soit à l'aide du microscope photographique, quand cela a été possible. Les dessins sont accompagnés d'une partie descriptive qui en facilite l'intelligence. Les données numériques des expériences ont été consignées dans un registre à part, afin de rendre les démonstrations plus concises, et par cela même plus précises et plus faciles à saisir. Le résultat seul des expériences a été consigné dans le texte, soit en faits isolés, soit à l'aide de tableaux, selon les circonstances.

CHAPITRE PREMIER.

CONSTITUTION DE L'ŒUF DES BATRACIENS AVANT LA FÉCONDATION.

L'étude de l'œuf, au point de vue de sa formation, de son accroissement et des modifications qu'il éprouve après la fécondation, doit nous permettre d'apprécier tous les changements physiques et organiques qui se rattachent aux phénomènes de l'évolution embryonnaire. Mais d'abord que faut-il entendre par le mot *œuf*? et à quelle époque cette dénomination convient-elle? Le célèbre Geoffroy-Saint-Hilaire écrivait, en 1826, à l'occasion d'un mémoire fort intéressant de Breschet sur les grossesses extra-utérines :

« L'ovaire ne fait point un œuf, mais un ovule, et je comprends sous ce nom le vitellus, ou, comme on l'appelle, le jaune de l'œuf; « cette distinction est d'autant plus nécessaire qu'elle s'applique à « un produit fini, ayant des qualités distinctes et particulières. Il « n'y a de fécondable que l'ovule; mais cette fécondation n'aura « un jour d'effet que quand l'ovule aura préalablement été revêtu

« par d'autres couches albumineuses, c'est-à-dire qu'il aura acquis, « par l'addition de plusieurs couches concentriques, l'état et la « condition d'un œuf. »

D'après cette manière de voir, qui est aussi celle admise, peu d'années auparavant, par MM. Dumas et Prévost, à la suite de recherches tendant à établir que la fécondation ne peut s'effectuer que dans les oviductes ou lorsque l'œuf est entouré de mucus, on est conduit à établir une distinction entre l'*ovule* et l'*œuf*. Le premier, composé de la vésicule germinative, de la membrane vitelline et du vitellus, ne deviendrait véritablement un œuf qu'après sa sortie de l'ovaire, et quand des couches muqueuses ou albumineuses l'envelopperaient en donnant lieu à de nouvelles membranes. Mais indépendamment de la confusion que peut introduire dans la science la dénomination d'*ovule* ou de petit œuf, et celle d'*œuf* telle qu'on l'entend, nous ne voyons pas que cette distinction soit toujours possible et rigoureuse, car il existe, d'une part, des grossesses ovariennes bien confirmées, tant chez la femme que chez les mammifères, et, de l'autre, le fait si remarquable de la fécondation et du développement embryonnaire, dans l'ovaire même, chez la blennie vivipare, parmi la classe des poissons, sans que pour cela l'ovule soit devenu préalablement un œuf. Dans l'un comme dans l'autre cas pourtant on ne saurait admettre que l'ovule ait été complété par l'addition de mucus ou d'albumine. D'après cela, nous croyons qu'il n'est pas plus indispensable de conserver dans la science la dénomination d'ovule qu'il n'est utile d'établir une distinction entre embryon et fœtus. Pour nous donc *l'œuf, en général, est composé de la vésicule germinative, de la vésicule vitelline et du vitellus.*

Relativement aux autres enveloppes muqueuses ou albumineuses qui se surajoutent à l'œuf proprement dit, nous n'en tiendrons compte que d'une manière secondaire et pour démontrer qu'elles ont dû contribuer par leur composition, leur nombre et leurs rapports à introduire une confusion préjudiciable à la science, surtout au point de vue de la synonymie des enveloppes embryonnaires.

Cela posé, revenons actuellement à l'étude de la composition de l'œuf non fécondé, et d'abord examinons la structure de l'ovaire, afin de connaître le point de départ de la formation de l'œuf.

Lorsqu'on examine attentivement les parois du sac ovarien des amphibiens, surtout celui de la salamandre adulte, on voit, à l'endroit où les œufs sont le moins développés, des taches transparentes, légèrement bombées, entourées d'un lacis très-fin de vaisseaux et comme situées entre deux membranes. Ces taches sont plus visibles lorsqu'on examine la partie interne du sac; elles correspondent, en ce cas, à de petites élevures qui donnent à cette surface du sac ovarien l'aspect d'une peau de chagrin. Lorsqu'on parvient à enlever la membrane péritonéale qui recouvre l'ovaire, et que l'on soumet la partie sous-jacente à un grossissement de 15 à 20 diamètres, on aperçoit un magnifique réseau vasculaire dans lequel se trouvent placées d'innombrables granulations transparentes. A un plus fort grossissement, de nouveaux vaisseaux apparaissent, et dans le tissu qu'ils forment, les granulations transparentes ont l'aspect de véritables œufs formés de deux sphères concentriques. Il est impossible de reconnaître autre chose que des vaisseaux dans la trame qui compose l'ovaire de la salamandre crêtée, si ce n'est pourtant le tissu cellulaire qui les réunit. La disposition des ramuscules artériels et veineux et celle de leur terminaison en capillaires est fort curieuse à connaître. De petites branches artérielles et veineuses décrivent d'abord une figure pentagonale qui circonscrit l'œuf, puis ensuite chaque branche du pentagone donne un certain nombre de ramuscules; celles-ci à leur tour se subdivisent en une infinité de vaisseaux capillaires qui s'anastomosent entre eux en conservant la disposition primitive du mode de ramification des cinq branches artérielles et veineuses. Ce sont donc de très-petits pentagones renfermés dans un beaucoup plus grand, qui constituent le tissu de l'ovaire; et c'est dans ce parenchyme *sécréteur* qu'est déposé l'élément primitif de l'œuf sous forme de tache transparente ou de gouttelette limpide. Toutes ces parties translucides, vues à un fort grossissement, sont composées de

deux sphères emboîtées l'une dans l'autre. Il ne nous a jamais été possible d'en trouver qui fussent composées d'une seule enveloppe ou en voie de formation, sans doute à cause de la rapidité avec laquelle se constituent les deux vésicules primitives de l'œuf. Quoi qu'il en soit de ce premier temps de formation, nous pouvons du moins, à partir de ce moment, indiquer tous les changements ultérieurs qui ont lieu dans le développement et la composition des deux sphères en question. Avant d'exposer une seconde série de faits bien constatés, nous devons dire ici que les recherches microscopiques que nous avons tentées sur le liquide transparent contenu dans les deux enveloppes de l'œuf ne nous ont d'abord rien appris. Le liquide de plusieurs vésicules transparentes de l'ovaire, recueilli sur un porte-objet en verre, et soumis à un grossissement de 750 diamètres, avait le même aspect que celui d'une gouttelette d'eau distillée vue comparativement. Mais ce même liquide, que nous avons agité avec une tige de verre préalablement trempée dans une dissolution de baryte, nous a alors présenté au même grossissement de 750 diamètres des globules très-petits, et transparents au centre, ayant l'aspect des globules de nature albumineuse; car les globules qu'on obtient en mettant l'eau de baryte en contact avec l'albumine liquide de l'œuf de la poule sont absolument semblables à ceux dont nous venons de parler.

A un degré plus avancé de la formation de l'œuf dans l'ovaire, on remarque que la transparence du liquide contenu dans les deux sphères commence à se troubler et que l'opacité est généralement plus grande sur un des points de la périphérie. A cette époque, l'œuf est assez développé pour qu'il soit possible, à l'aide de deux aiguilles, de le dégager de son calice ou enveloppe vasculaire, et de déchirer sa première sphère, qui est limitée par la membrane vitelline. On parvient ainsi, après plusieurs tentatives infructueuses, à faire sortir la vésicule germinative en même temps que des grains vitellins. Lorsqu'on examine à un fort grossissement la sphère germinative isolée, on aperçoit dans sa cavité des vésicules transparentes très-petites. Quant aux granules

vitellins, qu'on retire en même temps que la vésicule germinative de la sphère vitelline, ils sont d'une forme irrégulière, légèrement transparents et plus petits que les vésicules dont nous venons de parler. Du reste, pour avoir une idée exacte de la nature des parties contenues dans les membranes de l'œuf, nous avons fait les expériences suivantes :

Après avoir extrait de l'ovaire d'une grenouille verte un œuf encore transparent, nous l'avons placé sur le porte-objet du microscope, et pendant que l'un de nous regardait à l'aide d'un grossissement de 120 diamètres l'autre faisait arriver sur le porte-objet de l'éther sulfurique. Aussitôt que ce liquide s'est trouvé en rapport avec l'œuf on a pu constater que toute la partie fluide contenue dans la membrane vitelline entrait en mouvement, en oscillant à droite et à gauche et d'une seule pièce. Ce mouvement a permis de constater que les granules qui entourent de toutes parts la sphère germinative sont alors à l'état vésiculeux et transparent. La sphère germinative préalablement extraite de la cavité vitelline d'un autre œuf, encore transparent, a été également observée, à l'aide du grossissement qui vient d'être indiqué. Au moment où elle a été mise en contact avec une dissolution de baryte, elle est presque aussitôt devenue opaque et de couleur marron très-clair. A l'aide de ces changements, il nous a été facile de constater qu'elle contient des vésicules nombreuses assez analogues à celles qu'on rencontre dans la sphère vitelline. Quelques minutes après que cette expérience a été faite, des cristaux de sels de baryte se sont formés sur le porte-objet et sur la vésicule germinative. Celle-ci, en même temps, devenue plus opaque au centre qu'à la périphérie, semblait contenir une sphère plus petite, qui lui était parfaitement concentrique. Mais il est permis de penser que cette apparence était due à l'action de la baryte, qui a dû agir plus fortement sur la périphérie que sur le centre, qu'elle ne pouvait atteindre aussi facilement. Quoi qu'il en soit, du reste, de ces nombreuses tentatives, nous avons pu constater, d'une part, que l'œuf transparent, pris dans l'ovaire d'une grenouille, se com-

pose évidemment de la sphère vitelline, de la sphère germinative et de vésicules transparentes non graisseuses, puisque l'éther ne les a pas dissoutes. Ces vésicules sont de forme et de volume très-variables; elles renferment en outre des noyaux, ou des grains vitellins primitifs. Toutefois ces vésicules à noyaux ne sont pas exemptes de matière grasse, car l'éther qui les a imprégnées laisse, par son évaporation, un résidu gras et divisé en petites gouttelettes. Au moins c'est ce que nous avons observé d'une manière fort évidente en examinant les granules ou vésicules vitellines de l'œuf de la salamandre.

Attendu qu'il nous a été impossible de distinguer deux sortes de vésicules vitellines, nous sommes portés à penser que les vésicules visibles ne sont point homogènes, et qu'indépendamment de la matière qui en forme la masse, elles contiennent une matière grasse, libre, puisqu'elle est enlevée par l'éther, soit en pellicule excessivement mince, soit dans un état de division extrême.

Un peu plus tard l'œuf contenu dans l'ovaire devient jaunâtre par l'accumulation toujours croissante des grains vitellins. A cette époque de son développement on ne distingue plus aussi nettement qu'auparavant la vésicule germinative; cependant il est facile encore de constater sa présence et de voir que ses rapports ne sont plus les mêmes. Jusque-là elle occupait le centre de la sphère vitelline, tandis qu'actuellement elle se rapproche de sa périphérie. Ce mouvement de translation de la vésicule germinative a été mal interprété, il nous semble, par quelques auteurs, et a donné lieu à une théorie peu fondée. C'est ainsi que Cavolini, qui, le premier, a bien observé le mouvement ascensionnel de la vésicule germinative chez les poissons, à mesure que le vitellus s'accumule dans sa cavité, ne semble pas se préoccuper de la densité respective des liquides contenus dans les deux sphères, pour expliquer ce phénomène, et que M. Duvernoy admet un double feuillet vitellin replié sur lui-même à l'instar des séreuses, pour renfermer la vésicule germinative. Par ce moyen, toujours suivant l'auteur, on concevrait le déplacement de cette vésicule

dans la sphère vitelline, puisque à mesure que celle-ci se développe, l'autre suivrait son retrait et quitterait le centre qu'elle occupait d'abord. Mais en admettant même, pour un instant, le double feuillet dont parle ce savant professeur, il s'ensuivrait que la vésicule germinative contenue dans la cavité réfléchie se trouverait précisément dans un rapport inverse de celui qu'on lui assigne; car on sait fort bien que les poumons, par exemple, qui, dans l'origine, sont placés très-près de la colonne vertébrale, sous la séreuse réfléchie qui les contient, n'atteignent que plus tard, et par suite de leur développement, le feuillet costal de la plèvre. En général les organes qui se développent sous les membranes séreuses pénètrent dans leur cavité à mesure que le développement s'opère et ne sont point déplacés du centre pour être portés à la périphérie. D'ailleurs, puisqu'on réussit assez facilement à extraire la sphère germinative de la sphère vitelline, il est bien évident qu'il n'y a ni double feuillet ni pédicule pour les assujettir l'une à l'autre. Pour nous donc la vésicule germinative, emboîtée dans la sphère vitelline, y est libre et en suspension dans le liquide albumineux qui, peu à peu, donne naissance à des granulations vitellines autour desquelles existe une vésicule transparente. L'accumulation successive de ces corps dans la cavité vitelline fait que la vésicule germinative est refoulée, petit à petit, vers la périphérie. Son adossement à la membrane vitelline et son aplatissement par suite de la compression que les globules vitellins exercent sur elle ont donné lieu à plusieurs suppositions. Le plus généralement pourtant on admet que la vésicule germinative se loge d'abord dans un point de la membrane vitelline qui n'est pas tapissé par la couche des grains du vitellus, disque prolifère, et qu'en ce point, après la fécondation, qui aurait pour résultat de rompre la vésicule germinative, il s'accumule des petits grains sous forme de membrane, pour constituer le blastoderme. Wagner et Purkinje, au contraire, nient la rupture de la vésicule germinative et prétendent qu'elle subit un collapsus par suite duquel elle s'aplatit, pour former ainsi les rudiments de l'embryon ou

le blastoderme embryotrophe primordial. Nous reviendrons sur ce point important de l'ovologie en parlant des phases que présente la vésicule germinative des oiseaux. Pour le moment nous nous bornerons à dire que nous ne saurions admettre la rupture de la vésicule germinative chez les batraciens par suite de l'acte fécondant.

Après les changements que nous venons d'indiquer, l'œuf des amphibiens se complète par l'accumulation du vitellus, devenu jaune chez la salamandre crêtée, et noir, avec une tache blanche, chez la grenouille ordinaire. Le premier, par ce fait même de la coloration, est infiniment plus propre aux recherches anatomiques et physiologiques dont nous aurons à nous occuper ultérieurement. L'œuf étudié à cette troisième période de son développement n'offre déjà plus la même composition, du moins en apparence; la vésicule germinative en effet, par son aplatissement progressif vers la périphérie du vitellus, n'est plus susceptible d'être isolée; on ne peut donc que soupçonner son existence sur le point du vitellus où on remarque le disque prolifère. Dans tous les cas l'œuf ainsi prêt à se détacher de l'ovaire se compose d'un grand nombre de granulations vitellines dont chaque grain constituerait le centre ou le noyau des vésicules qu'on observe primitivement dans l'œuf. Au moment où l'œuf se détache de l'ovaire, et quand il est encore dans la cavité abdominale, il est parfaitement sphérique et a une membrane vitelline très-fine pour enveloppe. Les grains vitellins dont nous avons reproduit l'image sur des plaques métalliques et à l'aide du daguerréotype ont un volume très-inégal, une forme irrégulière, pour la plupart triangulaire. Le volume et la forme de ces grains sont absolument les mêmes que ceux du vitellus chez la salamandre et chez la grenouille; aussi n'avons-nous pas multiplié les exemplaires photographiés, surtout ayant représenté les mêmes particularités (planches I et II). Nous devons dire ici que, pour obtenir les figures sur métal au moyen du microscope solaire, il faut préalablement étendre la substance vitelline avec de l'eau, sans quoi il serait impossible

d'avoir une image nette de l'objet. Or il doit arriver, par ce procédé, que l'eau pénètre par endosmose au travers de l'enveloppe vésiculaire de chaque granulation et la déchire comme cela s'observe pour les globules du sang soumis à la même expérimentation. Ce fait explique pourquoi les globules vitellins nous apparaissent sous forme de vésicules transparentes quand ils sont encore dans la sphère vitelline, et pourquoi ces mêmes globules n'ont plus d'enveloppe vésiculaire après qu'on les a délayés dans l'eau. De belles figures photographiées, représentant les globules du sang de l'homme et ceux des têtards d'amphibiens, n'ont pu réussir que parce qu'il a été possible de se dispenser de mettre de l'eau dans le sang. Du reste en faisant d'avance ce mélange on obtient seulement l'image du noyau central des globules sanguins, de même qu'on obtient les grains vitellins sans leur enveloppe fine et transparente. Indépendamment de ces parties constituantes, l'œuf pris dans l'ovaire contient une substance glutineuse ou visqueuse qui est propre à maintenir rapprochées les unes des autres toutes les vésicules composant le jaune. La nature de cette substance visqueuse a une constitution mécanique qui la rapproche de l'albumine; on y découvre du moins des globules excessivement fins, lorsqu'on la met en contact avec une dissolution d'eau de baryte. Depuis longtemps déjà les auteurs ont signalé dans le jaune la présence de ce corps visqueux auquel on fait aujourd'hui jouer un rôle important dans la formation des cellules et la disposition du vitellus tout entier, ainsi que nous aurons bientôt occasion de le dire; mais ces auteurs ignorent la véritable constitution des matières visqueuses *immédiates*, qui toutes sont formées de particules et, par suite, de vésicules extrêmement divisées et accolées les unes contre les autres. Cette structure existe quand bien même la substance paraît parfaitement diaphane et homogène; mais au moyen de réactifs qui s'y unissent par imbibition, et qui changent leur indice de réfraction et leur mode de transparence, elles deviennent toujours visibles. L'eau de baryte présente un avantage immense pour démontrer la constitution de ces sortes de corps, car elle

rend les particules visibles sans les agglomérer; elle permet de les voir complétement isolées, de mesurer leur diamètre et ne peut ainsi laisser le moindre doute sur la réalité de l'observation.

C'est là tout ce que l'œuf de la salamandre crêtée et celui de la grenouille verte ou du crapaud commun présentent de remarquable; si, dans cet état de composition, ou même plus tard, lorsqu'il s'est revêtu des couches muqueuses qui s'y ajoutent dans l'oviducte, on l'abandonne à lui-même dans une assez grande quantité d'eau et à une température de 16 à 20°, on le voit d'abord augmenter de volume, puis, après six à huit heures, se ternir à la surface et se moisir enfin après quelques jours. Voilà ce qui arrive évidemment à tout œuf de salamandre ou de grenouille qui n'a point été fécondé. Spallanzani, pourtant, a cru, le premier, que le produit de la génération des batraciens femelles est le têtard lui-même sous une forme globuleuse, en sorte que le têtard préexisterait à la fécondation opérée par le mâle. Ce fait s'accorde fort peu avec ce que nous venons de dire relativement à la composition de l'œuf et à ce qui se passe en lui lorsqu'il n'a point été fécondé. Évidemment le célèbre physiologiste italien ne connaissait pas suffisamment l'évolution embryonnaire des batraciens, quand il l'a avancé. Mais ce qui nous surprend au plus haut degré, c'est que Dutrochet partage en quelque sorte la manière de voir de Spallanzani, en ce qui concerne la préexistence de l'animal. Il est bien prouvé, dit-il, t. II, p. 271 de ses mémoires, « que la femelle des batraciens livre à l'action fécondante du mâle un animal tout formé; mais cet animal n'est point encore un têtard. C'est tout simplement un sac alimentaire pourvu d'une seule ouverture, qui deviendra l'anus de l'animal; l'ouverture buccale ne se forme qu'après la fécondation, par l'effet d'une perforation du fond de ce sac alimentaire.

« Le fœtus, continue notre célèbre académicien, préexistant à la fécondation chez les batraciens, est donc véritablement une sorte de polype, et ceci permet de remonter rationnellement à la forme originelle de l'animal, qui, dans le principe, doit avoir été

une simple vésicule, laquelle, aplatie sur le vitellus globuleux, a pris, en se développant sur lui, la forme d'une calotte à deux feuillets. » Or, cette calotte à double feuillet est bien, il nous semble, la vésicule germinative reconnue ainsi par Dutrochet, quatre ans avant la description positive qu'en a donnée Purkinje. « D'après cette concordance, il devient à peu près certain que l'embryon est produit, toujours d'après Dutrochet, par la plicature et par le développement formateur d'une simple vésicule, etc..... » Comme on le voit, cet auteur consciencieux a décrit un œuf fécondé et déjà en pleine métamorphose, quand il dit que la femelle des batraciens livre à l'action fécondante du mâle un animal tout formé, et il a indiqué, sous le nom de vésicule aplatie, de calotte à deux feuillets, la *vésicule germinative*, le blastoderme ou le sac prolifère. Mais, si Dutrochet a reconnu que l'animal provient de cette calotte ou cloche à deux feuillets plus ou moins repliée sur elle-même, pourquoi n'en serait-il pas de même pour les oiseaux et les mammifères? Et pourquoi cette restriction de l'auteur en faveur des batraciens seulement? Moins heureux que lui, nous n'avons rien vu dans l'œuf non fécondé des grenouilles et des salamandres qui pût être comparé à un polype; et, si pour nous, la vésicule germinative aplatie est le lieu où se forme le blastoderme, le réservoir des parties les plus essentielles à l'organisation du nouvel être, elle n'est point, par elle-même, un degré de l'animalité. C'est ce qui ressortira clairement des faits que nous aurons à exposer par la suite.

Chez la mère qui le produit, l'œuf ne vit que comme faisant partie d'un être vivant, et aussitôt qu'il l'a quittée il cesse de s'accroître et de se développer, si la fécondation n'intervient pas; fécondation qui peut seule lui donner une vie indépendante. C'est alors seulement que l'*organisation* commence, que les cellules se développent et se multiplient, et que l'évolution de l'être a lieu.

Si nous poursuivons maintenant nos investigations sur un œuf déjà engagé dans l'oviducte, nous le trouvons toujours de forme sphérique, mais un peu plus gros qu'au moment où il a quitté

l'ovaire. Indépendamment de ce changement de volume, il s'est enveloppé d'une couche glaireuse, assez résistante et d'une transparence parfaite, qui semble être appliquée sur la membrane vitelline, chez la grenouille et le crapaud, mais qui en est plus éloignée sur un œuf de salamandre crêtée. Au moment de la ponte, chaque œuf se trouve entouré d'une nouvelle couche muqueuse ou albumineuse également transparente et plus fluide que la première. Cette enveloppe muqueuse sert à réunir les œufs les uns aux autres chez la grenouille, et à fixer sur des feuilles ceux que la salamandre y dépose un à un. La seule particularité que nous ayons pu remarquer sur ces œufs, au moment de la ponte, c'est que les globules vitellins sont moins adhérents entre eux qu'ils ne le sont chez un œuf qui n'a point encore traversé l'oviducte. Aussitôt après la ponte, qui a toujours lieu dans l'eau, la substance muqueuse qui recouvre les œufs se gonfle par l'imbibition du liquide ambiant et acquiert un volume assez considérable, surtout pour les œufs de grenouilles et ceux de crapauds. Les parties muqueuses ne sont pas les seules qui participent ainsi au phénomène mécanique du transport des molécules aqueuses dans leur substance; la membrane du jaune se laisse aussi pénétrer d'eau, et tout le vitellus se gonfle à son tour, mais d'une manière beaucoup moins sensible. Lorsque les œufs n'ont point été fécondés, on les voit, après quarante-huit heures et même avant ce temps, devenir moins transparents, puis d'un bleu sale de plus en plus terne, enfin le jaune se couvrir de moisissures et se liquéfier au bout de six à dix jours, suivant que la température est plus ou moins élevée. Mais, quand la liqueur séminale du mâle les a atteints, le principe vital s'y manifeste presque aussitôt par des changements fort remarquables que nous allons indiquer dans le paragraphe suivant.

CHAPITRE II.

CONSTITUTION DE L'ŒUF DES BATRACIENS APRÈS LA FÉCONDATION.

Les œufs qui ont fait le sujet des observations dont nous devons nous occuper ont été recueillis en juin 1845, très-peu de temps après la ponte, et conservés dans la même eau des étangs où on les a trouvés. La température moyenne de cette eau a été de 21° centigrades, et sa composition chimique à peu de chose près celle de l'eau de la Seine. Du reste, celle-ci a été employée à dessein, par nous, pour servir de point de comparaison, et les œufs que nous y avons plongés se sont parfaitement développés sans variation aucune, quant à la durée de l'évolution embryonnaire. Nous avons aussi mis des œufs fécondés dans de l'eau plus ou moins chargée de différentes matières salines ou contenant d'autres principes actifs à des degrés divers, et enfin dans de l'eau contenant des substances vénéneuses; mais il ne sera question de ces expériences qu'à la fin de cet article, et après que nous aurons exposé les faits relatifs aux changements survenus dans l'œuf pendant l'évolution normale.

Les œufs dont nous avons suivi la métamorphose sont ceux de la salamandre crêtée, ceux du crapaud commun et ceux de la grenouille verte. Toutefois, nous devons avouer que, malgré les recherches les plus actives et les plus persévérantes, il ne nous a pas été possible d'avoir des œufs au moment où ils viennent d'être fécondés. Toutes les tentatives que nous avons faites pour assister à la ponte des œufs ont été infructueuses. Les grenouilles et les salamandres que nous avions placées à cet effet dans un réservoir d'eau n'ont donné que des œufs non fécondés. Rusconi pourtant a pu de cette manière assister au moment de l'accouplement des grenouilles et à la ponte des œufs, ce qui lui a permis d'étudier toutes les phases du développement embryonnaire. Nous lui emprunterons donc les faits qu'il a si bien étudiés, sur

les œufs de grenouille, depuis le moment de la ponte jusqu'à la 17e heure seulement. A partir de ce moment, où apparaît le cercle qui deviendra plus tard l'anus, nos observations sont des plus complètes et ajoutent même, nous le pensons, aux connaissances déjà acquises à la science.

Les œufs examinés aussitôt après leur expulsion n'ont pas tous, d'après M. Rusconi, une forme ronde; on en voit même qui sont un peu flasques et ridés, mais un quart d'heure après ils paraissent tous parfaitement ronds. La partie brune de l'œuf est constamment tournée en haut lorsque la fécondation s'est opérée, et l'on peut, à l'aide de ce caractère fort simple, reconnaître tous ceux qui n'ont pas été fécondés. Rusconi a également observé qu'il existe sur la partie brune de l'hémisphère de l'œuf une tache ronde jaunâtre, au centre de laquelle on voit un point noirâtre, environné d'autres petits points de même couleur disposés en cercles. Cette tache jaunâtre est plus grande une heure après la ponte, mais après deux heures elle a disparu entièrement. Le célèbre auteur italien donne ces détails curieux et d'un grand intérêt, sans se rendre un compte exact des faits qu'il a observés. Pour lui, en effet, qui n'a point étudié l'œuf dans l'ovaire et suivi pas à pas sa composition, son développement, sa structure et ses métamorphoses, la tache jaunâtre située en haut et sur l'hémisphère brun de l'œuf n'a aucune signification. Mais pour nous qui avons vu la marche ascensionnelle de la vésicule germinative, son refoulement vers la périphérie du vitellus, et son adossement à la membrane du jaune, nous n'hésitons pas à regarder ces points noirâtres disposés en cercle comme la véritable cicatricule correspondant au blastoderme. C'est sur cette partie de l'œuf en effet que les changements survenus après la fécondation s'observent. Avant de les faire connaître, voyons si nos observations relatives aux enveloppes de l'œuf diffèrent de celles admises jusqu'à ce jour. Pour ne parler que de MM. Dutrochet, Rusconi et Coste, nous dirons que les deux premiers de ces observateurs admettent une double enveloppe membraneuse, et, de plus, une couche de substance

glaireuse, que M. Dutrochet nomme coque de l'œuf, par analogie sans doute avec ce qui se passe chez la poule. Ni l'un ni l'autre de ces auteurs n'a précisé la nature et les rapports de ces enveloppes. Rusconi ajoute seulement que les deux sacs et la matière glaireuse qui entourent l'œuf ne paraissent avoir d'autre usage que de garantir le germe des petits chocs qui pourraient nuire à son développement. Ce qui le confirme dans cette opinion c'est que les œufs sur lesquels il a enlevé ces membranes ont pu continuer leur évolution sans éprouver le moindre retard. Quant à M. Coste, il pense que le vitellus n'est point contenu dans une seconde enveloppe propre, et que si l'on en admet une c'est qu'on a pris la matière glutineuse qui maintient rapprochés les grains vitellins, pour une membrane. Comme on le voit, il n'y a rien de bien déterminé à cet égard, et pourtant il est indispensable de savoir à quoi s'en tenir sur ces enveloppes avant de parler de la scission ou du fendillement successif du vitellus. D'après ce que nous avons déjà dit plus haut, l'œuf qui se détache de l'ovaire a une enveloppe vitelline, sur laquelle se fixe du mucus lors de son passage dans l'oviducte. Ce mucus ou cette glaire se condense à différents degrés sur la membrane vitelline, et de là résulte la formation des enveloppes membraneuses que l'on remarque sur les œufs de batraciens. Or, il y a pour les grenouilles deux couches solidifiées, et une couche de glaire très-fluide (voy. pl. II, fig. 1, 2, 10 à 15), tandis que, pour la salamandre crêtée, chaque œuf est contenu dans une membrane simple, transparente et très-résistante, qui a la forme d'un ovoïde allongé.

Nous avons pu enlever facilement ces enveloppes accessoires sur un grand nombre d'œufs fécondés de salamandre crêtée, au moment où le jaune commençait à perdre la forme sphérique, et nous avons toujours vu que non-seulement cette ablation ne nuit pas à l'évolution embryonnaire, mais qu'elle la fait, au contraire, s'achever un peu plus promptement qu'à l'ordinaire.

D'après cela, il est bien évident que les membranes dont l'œuf proprement dit s'entoure en traversant l'oviducte ne sont que

des membranes protectrices, et nullement des parties indispensables au développement de l'embryon. Quant à ce qui est relatif à la membrane vitelline, nous ne saurions nullement partager l'opinion des auteurs qui en admettent deux, l'une superposée à l'autre, et se séparant entre elles au moment où la masse du vitellus semble éprouver un retrait; cela prouve qu'on a pris la couche membraneuse accessoire de l'œuf pour la membrane vitelline. Cette méprise est possible sur un œuf de grenouille, puisqu'il y a deux membranes accessoires assez denses autour du jaune, indépendamment de la membrane vitelline, et que l'une d'elles se trouve tellement appliquée sur l'œuf, qu'on ne peut l'apercevoir qu'après que celui-ci a séjourné un certain temps dans l'eau. Aussi M. Rusconi n'a-t-il pu dépouiller les germes (c'est ainsi qu'il nomme l'œuf) de leurs enveloppes accessoires, qu'après la déformation du vitellus; c'est-à-dire que, quand celui-ci s'allonge un peu, alors la membrane vitelline accessoire n'en suit pas tous les contours et laisse sur les côtés un petit espace entre le germe et son enveloppe; c'est dans cet endroit qu'on peut, à l'aide d'aiguilles fines, déchirer cette membrane primitivement accolée sur la membrane vitelline. Il ne semble donc pas possible d'admettre, avec M. Coste, que le vitellus se déforme et se métamorphose, après la fécondation, sans la participation d'une membrane enveloppante ou de la membrane vitelline. On peut encore remarquer qu'à l'époque où les membranes accessoires de l'œuf de la grenouille sont très-développées et complétement séparées du vitellus, il est facile d'isoler entièrement ce dernier corps, et que, si l'on ne parvient pas toujours à en détacher la membrane vitelline, on en constate l'existence d'une manière indubitable en la lacérant; car alors les globules vitellins qu'elle contenait, ne se trouvant plus retenus, s'échappent dans toutes sortes de directions: ceci est la preuve évidente qu'ils étaient maintenus par une enveloppe membraneuse spéciale, indépendamment de la matière glutineuse.

Si l'on en veut d'ailleurs une preuve plus convaincante encore

il suffit de voir ce qui se passe chez l'œuf de la salamandre crêtée : là, on ne trouve qu'une seule membrane accessoire ; elle est épaisse, très-résistante, d'une transparence parfaite, et a la forme d'un ovoïde allongé. Dans sa cavité existe un liquide albumineux très-fluide, au milieu duquel l'œuf nage librement; eh bien, cet œuf, composé de la sphère germinative, du vitellus et de la membrane vitelline, se déforme petit à petit, après la fécondation, l'évolution embryonnaire s'achève, et pourtant aucune membrane ne se détache du vitellus pendant que ces changements ont lieu. Donc la membrane vitelline reste accolée au jaune, et sert bien évidemment de tégument à l'embryon.

Actuellement que nous savons à quoi nous en tenir sur les enveloppes propres et accessoires de l'œuf, voyons quels sont les changements de forme qu'affecte le vitellus.

Ce n'est qu'après quatre heures, à partir du moment de la fécondation, qu'un sillon assez profond coupe au milieu l'hémisphère brun, et s'étend même sur l'autre hémisphère.

Une heure après, un second sillon coupe le premier à angle droit, et s'étend de même que l'autre un tant soit peu sur l'hémisphère blanc.

Après six heures d'incubation, un troisième sillon horizontal, c'est-à-dire parallèle aux contours de l'hémisphère brun, vient couper les deux premiers, et ceux-ci se disposent de telle sorte que la surface de cet hémisphère perd entièrement la forme qu'elle avait une heure auparavant.

De deux heures en deux heures ensuite, jusqu'à la dix-septième exclusivement, de nouveaux sillons, mais moins profonds, sont venus couper en tous sens l'hémisphère brun et une grande partie de l'autre hémisphère, de façon que la surface de l'œuf est presque toute grenue et ses grains sont de plus en plus nombreux, petits et moins saillants.

Déjà ces faits remarquables du fendillement de l'œuf avaient été décrits avec soin par MM. Prévost et Dumas; mais de l'observation du phénomène on a cherché plus tard à passer à son

explication. M. Rusconi paraît fort disposé à admettre une sorte de cristallisation ou une opération au moyen de laquelle la nature prépare les molécules élémentaires des principaux systèmes. Mais si cette cristallisation est un moyen que la nature emploie pour mettre en jeu les matériaux devenus propres à constituer un organisme, pourquoi l'œuf de la salamandre ne présente-t-il rien en apparence de semblable à l'époque de l'évolution embryonnaire?

Une autre explication du fendillement de la surface de l'œuf a été donnée tout récemment par M. Coste. Cet observateur distingué pense qu'il s'accumule, par suite des phénomènes qui se passent dans le vitellus après la fécondation, une certaine quantité de graisse ou de matière huileuse dans le centre de la sphère vitelline; que cette boule graisseuse éprouve un étranglement d'où résultent deux sphères huileuses toujours placées au centre des granulations vitellines; que celles-ci se subdivisent de la même manière en d'autres boules graisseuses, et qu'enfin de cette subdivision successive résulte le sillonnement qu'on remarque sur la sphère vitelline. Bien que cette explication semble au premier abord assez satisfaisante, elle n'est plus qu'ingénieuse, après un examen attentif de ce qui se passe réellement pendant la métamorphose d'un œuf de grenouille fécondé. En effet, si l'on soumet à l'action du microscope solaire la substance du vitellus, au moment où apparaît le cercle anal et où, par conséquent, la répartition huileuse s'opérerait vers la périphérie; on obtient bien au daguerréotype la figure exacte des granulations, mais elles n'ont point l'apparence de ces taches noires qui décèlent la présence des sphères huileuses. Indépendamment de cela, l'éther sulfurique, qui a la propriété de faire disparaître instantanément les globules graisseux en les dissolvant, ne détruit pas ces granulations. Ces faits sont donc en désaccord avec ceux avancés par M. Coste relativement à la nature des granulations et à la répartition de la matière grasse dans la substance vitelline. Mais, indépendamment de ce résultat que nous avons obtenu, et qui nous semble concluant, il faudrait, pour

admettre la théorie de M. Coste, que l'observation directe nous montrât d'abord, au centre de la sphère vitelline d'un œuf non fécondé, la boule de graisse en question; or, nous n'avons jamais pu constater sa présence sur des œufs de grenouille que nous avons étudiés sous ce point de vue. Que si l'on objecte à cela que ce résultat négatif vient de ce que l'œuf n'était pas fécondé, il faudra dans ce cas admettre que toutes les parties huileuses éparses dans la substance vitelline sont soumises à une sorte d'appel qui les ramènerait au centre lors de la fécondation, d'où elles seraient de nouveau distribuées à la périphérie. En d'autres termes, pour que la segmentation du vitellus correspondît à la division successive de sphères huileuses, par un mécanisme quelconque, il faudrait que la boule de substance oléagineuse préexistât dans l'œuf à l'acte de la fécondation, ou bien qu'elle en fût la conséquence: dans le premier cas, il serait facile d'en constater l'existence, et nous n'avons rien vu de semblable, même en étudiant l'œuf dans l'ovaire; dans le second cas, les parties huileuses quitteraient la périphérie, au moyen d'une force attractive supposée, pour revenir vers elle presque aussitôt; ce qui est encore à démontrer. Quelle que soit, du reste, la cause du sillonnement du vitellus chez la grenouille, nous devons toujours la regarder comme un acte vital déterminé par la fécondation, et qui est le signal d'une nouvelle vie, de cette vie indépendante qui est communiquée par l'intervention du mâle. C'est le premier mouvement par lequel les matériaux de l'organisation se modifient et vont prendre la place qui leur convient, pour donner naissance à un nouvel individu. C'est le résultat de l'application d'une nouvelle force qu'ils s'identifient, qui s'accroît et se perpétue en eux de manière à pouvoir être par la suite communiquée à de nouveaux êtres.

Après cette première métamorphose, achevée vers la dix-septième heure de l'incubation, l'hémisphère blanc du vitellus n'a plus un fond aussi égal : un croissant de couleur brunâtre apparaît; puis, après sept heures environ, le cercle se complète, et ce

cercle que nous avons représenté (pl. I, fig. 1[a]) deviendra bientôt l'ouverture de l'anus. A cette période de l'évolution embryonnaire qui correspond à la vingt-quatrième heure de l'incubation, l'œuf présente une particularité vraiment remarquable; sur l'hémisphère blanc se dessine un cercle parfait, et ce cercle anal, vu à un faible grossissement, circonscrit une partie dont l'aspect nacré contraste singulièrement avec les autres points du vitellus. Toutes ces parties sont vues au travers d'une des membranes accessoires de l'œuf, qui, ainsi que nous l'avons représenté (pl. I, fig. 1 à 5), n'admet qu'un très-petit intervalle entre elle et la membrane vitelline. Celle-ci, quoique appliquée très-exactement sur le vitellus, semble pourtant s'en écarter un peu sur le point que circonscrit le bourrelet anal. La partie nacrée, en effet, n'est point sur le même niveau que le reste de la sphère vitelline, ce dont on peut s'assurer du reste facilement, en éclairant de côté l'œuf qu'on examine à la loupe. Dans ce cas, la portion du cercle anal qui ne reçoit point la lumière projette une ombre sur la surface nacrée, et cette ombre portée, que nous avons indiquée sur le dessin (pl. I, fig. 1'), est évidemment le résultat d'un défaut de nivellement.

La substance de l'œuf à cette période présente au microscope des granulations d'un volume bien inégal. (Voy. pl. I, fig. 1[b].) La disposition des grains vitellins est assez remarquable pour que nous en parlions; on voit autour d'un gros noyau plusieurs petits grains accolés à lui, et en voie de fusion pour ainsi dire, comme s'ils concouraient à son développement. Toutes ces particularités s'observent également sur une plaque métallique qui en a reçu l'image au microscope solaire et là les faits parlent d'eux-mêmes. La fusion de petits grains vitellins en d'autres plus volumineux, et la disparition de ceux-ci à mesure que les organes se forment, son tdonc un fait bien évident. Les fig. 6 et 16 du tableau représentent les granulations vitellines avant et après la 17[e] heure de l'incubation, et résument à cet égard tout ce qu'on pourrait dire sur ce point de l'ovologie embryonnaire. Mais si le microscope solaire

nous fournit la preuve irrécusable de ce qui se passe dans la disposition des grains vitellins, il est impuissant pour nous faire connaître les autres éléments qui entrent dans la composition du jaune. C'est ainsi, par exemple, que les parties huileuses, à l'état libre, ne sont point fidèlement représentées, et que leur présence dans d'autres éléments avec lesquels elles peuvent être plus ou moins combinées n'apparaît pas sous son véritable aspect. Aussi avons-nous eu recours, pour pouvoir déterminer la matière glutineuse ou visqueuse qui entre dans la composition du vitellus, à la dissolution aqueuse de baryte, qui en décèle à l'instant même la nature globuleuse. La dessiccation immédiate de ces globules, lorsqu'on les expose à l'action du microscope solaire, nous a empêchés d'en obtenir des images au daguerréotype. Du reste, comme nous les avons représentés ailleurs nous y reviendrons en décrivant l'albumine de l'œuf des oiseaux. Qu'il nous suffise de dire pour le moment que, si ces globules, beaucoup plus petits que les globules vitellins, existent véritablement, il est tout naturel d'admettre qu'ils entrent dans la composition des organes, soit en se combinant avec les grains vitellins, soit aussi en se combinant entre eux, pour former telle ou telle autre partie de l'organisme. Tout ce que nous venons d'exposer relativement aux changements survenus dans le vitellus, après la fécondation, s'est passé dans la première journée de l'incubation ; nous allons maintenant nous occuper des autres phases de la métamorphose de l'œuf.

Dans les cinq ou six premières heures de la seconde journée d'incubation, c'est-à-dire huit heures environ après la formation du cercle anal, celui-ci s'est rétréci à tel point qu'il ne forme plus qu'une très-petite fente. (Fig. 2.) En même temps un véritable champ transparent s'établit au-dessus de l'anus; un sillon médian, qui part de cet orifice, se bifurque bientôt et circonscrit une surface triangulaire.

Tous ces changements s'effectuent dans le vitellus sans que la membrane vitelline s'en détache. Quant à l'enveloppe accessoire

de l'œuf, elle conserve encore les mêmes rapports avec la sphère vitelline, et n'est pas plus éloignée d'elle que dans les vingt-quatre premières heures de l'incubation.

Vers le milieu de la seconde journée, la ligne médiane du champ transparent ou le sillon médian s'est étendu (voy. fig. 3), l'aire triangulaire est plus petite, et, six heures après, l'anus est presque fermé. Donc l'œuf sur lequel l'ouverture anale du nouvel être se présente ainsi est arrivé à la 34^{me} heure de l'incubation. Ce chiffre diffère peu de celui indiqué par M. Rusconi ; en général, les faits d'évolution embryonnaire que nous avons observés se sont montrés un peu plus tard, parce que la température moyenne que nous avions était de 21° centigr. tandis que M. Rusconi avait une température de 25° centigr.

De la 36^{me} à la 40^{me} heure, le sillon médian est plus prononcé, les masses latérales font plus de saillie, l'aire triangulaire est entourée d'un cercle clair qui semble lui former un capuchon. Ce même pourtour un peu renflé se rétrécit en se rapprochant du sillon médian, puis s'élargit bientôt en divergeant un peu et forme autour de l'anus une espèce de disque (voy. fig. 4 et 5). Jusque-là le vitellus conserve sa sphéricité, et la membrane accessoire qui contient l'œuf n'est pas plus éloignée de celui-ci qu'elle ne l'était à la fin de la première journée de l'incubation.

A partir de la 42^{me} heure, jusqu'à la 54^{me} environ, on remarque d'abord que le jaune commence à se déformer; le disque céphalique et le disque caudal n'existent plus; le sillon médian s'efface ; les masses latérales se sont jointes sur tous les points; elles offrent un renflement qui correspond à l'endroit où sera la tête, et un renflement moins fort à l'extrémité opposée. Vu de ce côté, le vitellus (fig. 6) montre déjà le rachis bifide du têtard et la partie affectée à l'abdomen. Regardée de profil, (fig. 7), cette même ébauche montre encore mieux la partie céphalique, l'extrémité caudale et la région de l'abdomen. On peut, à cette période du développement, enlever facilement la membrane accessoire, parce qu'elle n'est plus aussi rapprochée de la péri-

phérie du vitellus, et cette petite soustraction de l'œuf n'empêche nullement l'évolution embryonnaire.

Après deux jours et demi, l'étranglement qui existait vers le milieu des masses latérales ne se voit plus; le renflement céphalique est plus prononcé; le renflement caudal s'efface, l'anus est toujours très-étroit; l'abdomen se dessine de plus en plus, et la membrane accessoire ne touche plus le têtard que sur deux points (voy. fig. 8 et 9). Vers la 65^{me} heure, le sillon médian s'est converti en une saillie qui devient la crête rachidienne; la partie céphalique est très-prononcée. Antérieurement, se voient deux organes en forme de cône, sur les côtés des branchies rudimentaires; en avant, les narines, la bouche, les yeux. L'extrémité caudale est recourbée, arrondie et très-épaisse. L'abdomen est limité en haut par un étranglement cervical, en bas par l'anus, qui actuellement se trouve placé à la racine de la queue. C'est vers la fin de la période que nous décrivons, que nous avons remarqué les premiers mouvements de rotation du têtard. Tout l'animal alors tourne de gauche à droite sur son axe et avec une lenteur qui permet de bien observer toutes les parties de son corps. Si l'on déchire avec précaution la membrane accessoire de l'œuf, on en voit sortir un liquide aqueux et le petit têtard. Celui-ci, placé dans de l'eau ordinaire, va immédiatement au fond et exécute quelques mouvements.

Vers la fin du troisième jour, le têtard a une forme très-singulière : son rachis, y compris la tête et la queue, ressemble à une *s* italique quand on l'observe de profil, et son abdomen, à une corne. Le sillon cervical (voy. fig. 12) limite parfaitement le cou de l'animal, sur lequel existe une légère saillie indiquant le mamelon branchial. Au-dessous de ce mamelon, se dessine le tube intestinal: il est large, droit et aboutit à l'ouverture anale non encore libre. Le petit têtard continue à tourner au milieu du liquide, qui pénètre par imbibition dans la moitié de l'enveloppe accessoire, mais le mouvement de rotation ne se fait plus autour de son axe: c'est la tête qui avance la première. Comme, à cette époque em-

bryonnaire, il est possible de bien isoler tout ce qui appartient à l'abdomen et tout ce qui fait partie du rachis, de la tête et de la queue, nous avons voulu savoir si les éléments appréciables qui entrent dans la composition des organes offrent une différence quelconque. Pour cela le microscope nous a encore aidés, et si nous n'avons pas reproduit au moyen du daguerréotype l'image des éléments constituants dont il va être question, nous les avons du moins représentés avec infiniment de soin (fig. 12ª et 12ᵇ,). Or, voici ce qu'on observe lorsqu'on place sur le porte-objet la masse rachidienne du petit têtard, isolée entièrement de la masse abdominale. Une structure granuleuse apparaît, sans qu'on puisse distinguer la moindre cellulosité et sans qu'il soit possible de reconnaître une vésicule à noyau. En ajoutant une goutte d'eau distillée à cette substance granuleuse, et en la plaçant après cela entre deux plaques de verre, on observe qu'il y a une infinité de petits grains transparents, de forme irrégulière, et d'un volume évidemment plus petit que les grains vitellins (voy. fig. 12ª). Vue au même grossissement, la partie abdominale du têtard fournit des granulations transparentes également, mais elles ont une forme irrégulière, et sont sensiblement plus grosses que les précédentes (voy. fig. 12ᵇ). A mesure que le têtard croît, le volume des granulations vitellines contenues dans le tube intestinal augmente, en sorte qu'elles ont environ le double de grosseur quand le têtard sort de ses enveloppes. (Voy. pl. II, fig. 4, la moitié gauche.) Afin de nous assurer ensuite des modifications que ces grains vitellins subissent dans le canal digestif, nous avons placé plusieurs têtards, qui venaient d'éclore, dans autant de verres à expériences, remplis d'eau de Seine filtrée, qu'il y avait de larves, pour pouvoir recueillir les matières excrémentitielles. Au bout de 24 à 36 heures seulement, il nous a été possible de vérifier les changements que les grains vitellins offrent. Eh bien, au lieu de grains transparents, ce ne sont plus que des espèces de grains irréguliers, qui ressemblent assez aux fragments de gros sel marin. (Voy. pl. II, fig. 4, côté droit.)

Ainsi, pour nous résumer, le produit de sécrétion de l'ovaire, traversant les membranes de l'œuf par endosmose, pénètre dans le vitellus et la vésicule germinative. Là, il subit des modifications chimiques, se condense, se divise en particules organiques, et donne naissance aux premiers rudiments du tissu cellulaire.

Parmi les cellules primitives, il en est qui, suivant les phases du développement organique, se combinent, s'agrégent, se développent, et entrent dans la formation normale des organes des têtards, tandis qu'il en est d'autres qui suivent des modifications inverses, se dégradent, dépérissent, et se convertissent finalement en un détritus amorphe.

Une partie des cellules de l'œuf des batraciens concourt donc directement à la formation de leurs organes, tandis qu'une autre partie ne peut y concourir qu'à la manière des aliments, c'est-à-dire, en se divisant en matière nutritive et en matière excrémentitielle. Toutefois on peut se demander si les granules vitellins, au lieu de se partager aussi nettement en deux parties, ne sont point tous appelés à subir une évolution complète et à faire partie de la texture des organes, et si le détritus observé ne provient pas de cellules qui, ayant parcouru toutes les phases de leur existence, doivent être éliminées du corps de l'animal, la même chose devant avoir lieu finalement pour toutes les autres. Quelle que soit l'opinion que l'on doive adopter, nous pouvons dire que les globules vitellins du poulet sont complétement absorbés dans un espace de 13 jours après la naissance, ou de 34 jours après le commencement de l'incubation.

Tout ce que nous venons d'exposer se passe au troisième jour de l'incubation. Dans le courant du quatrième, le têtard s'est beaucoup développé. On voit d'abord la place des yeux; l'ampoule branchiale augmente, l'échine se prononce de plus en plus, la queue s'allonge encore et est moins arrondie, l'anus fait suite à l'intestin, actuellement bien dessiné (voy. pl. I, fig. 13), et l'animal exécute des mouvements rapides qui lui permettent de changer facilement de position. Comme à cette période du dévelop-

pement il est possible de mettre à nu la moelle épinière et le cerveau, nous en avons profité pour soumettre la substance encéphalique à l'examen du microscope solaire. Malheureusement la planche que nous avions obtenue au daguerréotype a été détruite au lavage, ce qui nous a déterminés à en exécuter le dessin. Pour pouvoir bien distinguer les parties qui entrent dans la composition du tissu cérébro-spinal, il faut nécessairement se servir d'une assez grande quantité d'eau limpide. Alors on voit facilement les globules sphériques (fig. 13e) qui ont presque tous 1/2 centième de millimètre de diamètre. Le volume de ces globules contraste beaucoup avec celui des granulations trouvées sept ou huit heures auparavant dans la masse rachidienne, puisque ces dernières sont de moitié plus petites. Quoi qu'il en soit de ces faits, vérifiés un grand nombre de fois, nous avons pensé devoir les signaler afin de faire connaître toutes les métamorphoses que subissent les granulations vitellines primitives de l'œuf.

Vers la fin du quatrième jour (fig. 15) le jeune têtard a une tête volumineuse, la fente buccale s'est opérée à la suite d'une duplicature fort remarquable de la peau. (Pl. II, fig. 9.) Les masses conoïdes situées de chaque côté de la bouche constituent deux saillies à sommet peu élevé et noirâtre que M. Rusconi a regardées à tort comme de véritables crochets destinés aux besoins de l'animal et plus particulièrement affectés à le tenir accroché aux corps environnants. Ces masses conoïdes répondent aux hémisphères cérébraux et s'effacent à mesure que la tête se développe. Indépendamment de cela, le petit têtard présente, de chaque côté du cou, trois petits moignons branchiaux réunis par leur base, au-dessous desquels on remarque une fente tégumentaire. Les narines sont également indiquées. Les moignons branchiaux se développent de plus en plus, le sang traverse leur tissu, se creuse de nombreux sillons qui, plus tard seulement, constitueront de véritables vaisseaux à parois distinctes. Comme on observe très-facilement ce phénomène de formation des parois vasculaires sur les branchies des têtards de salamandres, nous avons préféré l'étudier sur ces

derniers. En même temps que ces changements s'effectuent, les narines se trouvent également indiquées par deux petits points ronds placés en avant de la tête. Le canal alimentaire est plus étroit et se termine en entonnoir du côté de l'anus. Toute la région vertébrale est surmontée d'une crête membraneuse; la queue s'est encore aplatie, allongée et recourbée du côté de la tête, au point de la toucher quand le têtard cherche à se déplacer. Les faisceaux musculaires qui la font mouvoir sont très-apparents. Aussi est-ce au moyen de ces organes que le petit animal s'agite constamment dans sa sphère remplie d'eau et qu'il fait des efforts pour rompre les membranes accessoires de l'œuf. C'est surtout au commencement du cinquième jour que le têtard distend fortement la première enveloppe accessoire; il la déforme quelquefois en s'allongeant, et finit par la déchirer pour en sortir. (Voy. pl. II, fig. 16.) Après ce premier succès l'animal a encore à traverser un mucus dense, une seconde membrane résistante, excentrique à la précédente, qui s'ouvre ordinairement en éclat en formant deux espèces de calottes, et une troisième couche muqueuse très-fluide qui établit autour de l'œuf une espèce de nuage. Ces diverses parties sont encore des obstacles à surmonter de la part du têtard. Aussi reste-t-il immobile pendant quelques heures avant d'essayer de nouveaux efforts. Il y en a même qui ne réussissent pas à pouvoir se dégager entièrement de cette triple prison, et meurent dans la substance muqueuse qui enveloppe les œufs de toutes parts. C'est le plus ordinairement dans le courant du cinquième jour que ces petits animaux parviennent à se dégager entièrement. Alors ils vont au fond de l'eau, se placent sur l'un des flancs et restent comme morts pendant assez longtemps. A cette période du développement on peut examiner les globules du sang; il suffit pour cela de couper la queue du têtard en travers : le sang sort alors des vaisseaux et se répand sur le porte-objet. On assiste dans ce cas à un spectacle fort curieux : au premier moment c'est un jet si rapide qu'il est impossible de distinguer autre chose qu'un flot de globules rouges se heurtant les uns contre les autres avec

beaucoup de violence; mais, quelques instants après, ces globules arrivent sur la plaque de verre avec plus de lenteur et, à mesure qu'ils sortent des vaisseaux, on les voit distinctement se mouvoir en tournant en haut le côté le plus étroit. On dirait que le noyau sert de lest aux globules et qu'il ne garde pas toujours le centre de son enveloppe. Du reste il est positif que la forme de ces globules est ovoïde et légèrement aplatie, qu'ils approchent sensiblement de la configuration d'un ellipsoïde à trois axes inégaux et qu'ils semblent flotter à la manière des poissons.

Nous avons représenté (fig. 13[d], pl. I) les globules du sang du têtard au quatrième jour révolu de son développement, afin de montrer leur volume et leurs formes diverses; nous avons également dessiné les globules du sang de la grenouille adulte (fig. 13[e]), pour que l'on puisse les confronter avec ceux du têtard; et enfin, comme terme de comparaison, et à un même grossissement, les globules du sang de l'homme (fig. 14). Ces mêmes figures ont été reproduites très-fidèlement sur des plaques daguerriennes qui ont été adressées à l'Académie. Ces préparations, obtenues au microscope solaire, font connaître toute l'utilité de l'application du daguerréotype à l'anatomie microscopique.

Nous allons résumer actuellement ce que nous avons dit dans les deux paragraphes précédents :

L'ovaire, dans la classe des amphibiens que nous avons étudiée, se prête parfaitement aux investigations anatomiques et physiologiques, par sa contexture, son volume, son mode de sécrétion et par la métamorphose rapide du produit sécrété, qu'on peut suivre sans difficultés.

Chez la grenouille et la salamandre, l'organe générateur de la femelle se compose d'un véritable sac, à parois minces, dans l'épaisseur desquelles l'œuf est sécrété. C'est dans le tissu capillaire sanguin le plus délié qu'apparaît, sous forme de gouttelette limpide et blanche, l'œuf naissant.

Aussitôt que cette sécrétion de l'ovaire a lieu, on distingue deux sphères concentriques qui ont l'apparence de bulles de savon.

A mesure que l'œuf se développe, on voit plus aisément l'emboîtement des deux sphères : l'interne est la vésicule germinative; l'externe, la vésicule vitelline.

Le liquide contenu dans un œuf encore transparent, mis en contact avec la dissolution de baryte, permet de distinguer au microscope une multitude de globules.

Quand on commence à apercevoir les granulations jaunâtres dans l'œuf, la vésicule germinative occupe le centre de la sphère vitelline, et les globules vitellins qui se forment entre la vésicule germinative et la membrane vitelline s'accumulent d'abord en un seul point de la sphère.

Plus tard, et à mesure que la sécrétion de l'ovaire fournit de nouveaux matériaux, les globules vitellins semblent entourer la vésicule germinative, qui est alors au centre du disque jaune.

A cette période du développement de l'œuf, la face interne du sac ovarien est garnie de petites élevures jaunes étroitement enlacées dans une couche de vaisseaux dont la disposition rappelle celle des artères et des veines choroïdiennes, et c'est cette couche de vaisseaux unis entre eux par du tissu cellulaire qui constitue le calice ou l'analogue de la vésicule de Graaf.

On peut, quand l'œuf est d'un jaune clair, déchirer son calice, le faire mouvoir dans un liquide, et s'assurer qu'il est toujours formé de deux sphères concentriques contenant de très-petites vésicules transparentes.

En ouvrant la membrane vitelline, on parvient à dégager la vésicule germinative, qui se trouve entourée du vitellus, et à la voir facilement.

Rien ne prouve que la vésicule germinative soit fixée au centre de la sphère vitelline, dans un repli membraneux; elle nous a paru, au contraire, libre et flottante au milieu des vésicules du jaune.

A une période plus avancée du développement de l'œuf, la vésicule germinative se porte vers la périphérie de la sphère vitelline.

Lorsque le jaune a acquis tout son accroissement, on ne retrouve plus la vésicule germinative au milieu de sa substance; elle s'est aplatie et accolée sur un point de la membrane vitelline, où se montre le germe après la fécondation. En effet, ce point du blastoderme, que M. Rusconi a bien décrit, sans toutefois lui assigner sa véritable fonction, est celui sur lequel on voit apparaître l'ébauche du têtard.

Celui-ci se développe de la circonférence au centre par deux masses latérales qui constitueront plus tard le rachis. En avant de ces parties, le vitellus qui reste est employé à la formation du canal intestinal. Mais avant la formation et le développement des organes, l'œuf fécondé subit, chez la grenouille, des changements fort remarquables, qui consistent dans le sillonnement successif de toute sa périphérie.

Pendant la durée de l'évolution embryonnaire, qui est de huit jours environ pour la grenouille verte, l'étude microscopique de l'œuf fait connaître les changements successifs qui se sont opérés dans la constitution du jaune.

L'apparition des vésicules et des granules qui composent l'œuf permet, en effet, de bien apprécier leur ordre de formation.

Le produit liquide sécrété par le calice traverse la membrane vitelline par endosmose, y subit une modification chimique et progressive qui donne naissance aux vésicules de la sphère germinative et à ceux de la sphère vitelline.

Les vésicules internes de la sphère germinative, chez la salamandre crêtée, sont simples et ont un diamètre qui varie de $0^{mm},004$ à $0^{mm},008$.

Les globules vitellins de la salamandre, venant d'œufs pris dans l'ovaire, ont généralement $0^{mm},004$ de diamètre; ce sont des cellules aplaties et ovoïdes qui ressemblent beaucoup aux globules du sang humain. Leur forme est donc celle d'un ellipsoïde à trois axes inégaux. Ce sont des cellules à noyaux. Le noyau central donne passage à la lumière polarisée et jouit probablement de la polarisation circulaire.

Le contact de la baryte sur ces cellules décèle souvent la présence de plusieurs noyaux vitellins sous une même enveloppe.

L'action de l'éther sulfurique ne modifie point sensiblement la composition de ces cellules primitives, ce qui prouve qu'elles ne renferment qu'une petite proportion de matières grasses.

Le sillonnement périphérique qu'on observe sur l'œuf de la grenouille fécondé ne reconnaît point pour cause le fractionnement de la substance huileuse, puisque cette huile n'est point à l'état libre.

Après l'acte fécondant, les grains vitellins et leur enveloppe se groupent autour des plus grandes cellules à noyaux, et disparaissent successivement à mesure qu'ils concourent à la formation des organes.

Nous n'avons jamais vu plusieurs cellules groupées ensemble contenues dans une grande cellule mère, ni de noyaux se développer en même temps et proportionnellement à leur enveloppe.

La métamorphose cellulaire consiste donc principalement dans les changements de composition; la forme et les rapports des parties constituantes des cellules varient peu.

La vésicule cellulaire semble préexister à son noyau, et c'est dans ce même ordre que s'effectue sa transformation : le point central se retrouve encore quand son enveloppe fait déjà partie d'un organe en formation.

Enfin la cellule simple et celle à noyau, qui sont en excès pour la formation des organes, se décomposent dans le tube intestinal au profit de la sustentation de tout l'organisme, qui, à son tour, s'élimine, pour s'approprier d'autres principes essentiels à la vie.

CHAPITRE III.

CONSTITUTION DE L'ŒUF DE LA COULEUVRE À COLLIER.

Bien que nous n'ayons pas eu occasion de suivre pas à pas l'évolution embryonnaire de la couleuvre, et que nous n'ayons pas pu constater au juste sur quel point s'effectue la fécondation, nos recherches à l'égard de la constitution de l'œuf sont suffi-

santes pour que nous puissions en tirer des conclusions rigoureuses et importantes à la fois.

Ce qui frappe au premier abord, quand on examine à l'intérieur un œuf de couleuvre pris dans l'oviducte, c'est l'absence de tout albumen condensé autour du jaune.

L'œuf est donc représenté, indépendamment de la coque molle qui se constitue dans l'oviducte, par un vitellus ovoïde et une vésicule germinative. D'après cela, on voit combien est peu fondée la division qu'on a voulu établir entre l'*ovule* et l'*œuf*, division que nous avons rejetée d'après les motifs qui ont été discutés au commencement du chapitre 1^er^ de ce mémoire, et que le fait de l'ovition des ophidiens vient corroborer. En effet, si la fécondation a eu lieu dans l'oviducte, elle s'est opérée sans le secours d'une couche albumineuse; donc l'ovule, au sortir de l'ovaire, est un véritable œuf qui n'a pas besoin de se compléter pour être fécondé.

L'œuf de la couleuvre semble, du reste, tenir le milieu, quant à sa constitution, entre celui des batraciens, que nous avons déjà étudié, et celui de la poule, dont il nous reste à parler : aussi avons-nous pensé qu'il serait convenable d'intercaler le chapitre que nous lui consacrons entre deux points qui semblent les extrêmes l'un de l'autre. Cette partie de notre mémoire n'est point toutefois demandée par l'Académie : aussi espérons-nous qu'elle nous saura gré d'avoir dépassé les limites du programme pour ce qui concerne la détermination des espèces à étudier.

La solution d'une question aussi vaste qu'importante nous a également portés sur un autre terrain; et si les planches qui accompagnent ce mémoire ne renferment pas toutes les préparations que nous avons exécutées et qui constatent l'exactitude des faits, nous n'avons pas moins étendu nos recherches jusqu'au delà même des vertébrés, en étudiant les œufs des lymnées, ceux des planorbes, etc. afin de donner à notre travail toute la précision et tout le développement nécessaires.

Pour bien se rendre compte de l'état physique de l'œuf, il faut nécessairement assister à sa formation et à son développement:

aussi allons-nous procéder, dans ces nouvelles recherches, de la même manière que nous l'avons fait pour l'ovition des œufs de batraciens.

DE L'OVAIRE CHEZ LA COULEUVRE À COLLIER.

On trouve chez les ophidiens deux organes générateurs femelles, situés l'un à droite, l'autre à gauche du rachis, dans la vaste cavité thoraco-abdominale; leur position n'est point symétrique : celui de droite commence là où se termine à peu près celui de gauche; cette même position, échelonnée, s'observe également pour tous les organes similaires de ces animaux, tels que les reins, les oviductes et les testicules chez le mâle. Chaque sac ovarien se compose d'un long tube de la grosseur d'un tuyau de plume d'oie, tant que la saison des amours n'est point arrivée pour ces reptiles. Les parois de ces sacs sont très-résistantes et assez analogues à la tunique albuginée qui recouvre les testicules chez les mammifères. Les œufs ne se développent pas, comme chez les batraciens, sur tous les points du sac, mais seulement sur leur face antérieure. La manière dont la membrane albuginée les encadre les rend très-distincts au dehors : on dirait, en effet, que chaque cellule ovarienne ou calice est fixée dans la paroi du sac comme le verre d'une montre l'est dans son châssis. En ouvrant les cellules on voit que les œufs font une saillie d'autant plus grande qu'ils sont plus développés, et qu'ils sont logés dans l'épaisseur même des parois du calice, ainsi que cela s'observe chez la grenouille et chez la salamandre. Il y a encore une analogie à établir ici, c'est que le calice de chaque œuf se développe, tant chez les ophidiens que chez les batraciens, plutôt de la périphérie au centre de l'ovaire que du centre à la circonférence. Sous le rapport ensuite de la tunique albuginée, qui est très-résistante chez la couleuvre, l'ovaire des ophidiens a plus d'analogie avec celui des mammifères que celui-ci n'en a avec l'ovaire de la poule.

On a attribué à la structure particulière de la membrane enveloppante de l'ovaire la disposition en grappe des œufs, et pourtant, comme nous le disions tout à l'heure en parlant de la couleuvre, cette membrane est aussi résistante que celle des sauriens, qui, malgré cela, ont une véritable grappe ovarienne. Cette même densité s'observe également sur l'ovaire de la femme et chez l'ornithorhynque, bien qu'on ait représenté l'ovaire de celui-ci comme étant composé de calices distincts. On s'est même servi de ce caractère pour assigner à l'ornithorhynque une analogie de plus avec l'organisation des oiseaux, et en cela on s'est étrangement mépris, si nous en jugeons d'après les ovaires que nous avons sous les yeux. Du reste, la disposition anatomique de ces organes, sur laquelle les auteurs ont voulu s'appuyer au point de vue d'une classification, doit varier infiniment, suivant qu'on l'étudie aux différents âges de la vie ou aux époques de la reproduction. Il est donc plus rationnel de ne point baser sur ces données une division zoologique quelconque, et de rechercher plutôt les différences qu'il y a dans le volume de l'œuf, considéré chez tous les vertébrés au point de vue surtout des diverses métamorphoses qu'il subit et de ses usages. Il serait également curieux de connaître si le volume de l'œuf tient à une disposition particulière de l'ovaire. En examinant ce qui se passe chez la femme et chez tous les mammifères en général, nous voyons que l'œuf contenu dans l'ovaire est très-petit; que cet œuf, renfermé dans la vésicule de de Graaf, n'y est point seul; que son volume est loin de remplir la cavité qui le sécrète, et que conséquemment il ne se trouve pas en contact avec toute la paroi interne de la vésicule de de Graaf.

D'un autre côté, on voit chez les autres vertébrés, que l'œuf contenu dans l'ovaire est plus ou moins gros, qu'il est proportionnellement plus volumineux que celui des mammifères; qu'il est toujours contenu dans une cellule; que celle-ci ne sécrète en général qu'un œuf, et que cet œuf est logé dans la trame même des parois du calice.

D'après ces faits, que des observateurs peu attentifs peuvent seuls contester, on est en droit d'établir que les vésicules de de Graaf sécrètent chez les mammifères un œuf très-petit, incapable en général de fournir les matériaux suffisants à l'entier développement du nouvel être, et que le calice, analogue de la vésicule de de Graaf, fournit chez les autres vertébrés un œuf plus volumineux, qui, dans tous les cas, suffit aux besoins de l'embryon.

La vésicule de de Graaf et le calice ont donc cela de commun qu'ils sécrètent un œuf fécondable; mais leurs produits, quoique identiques, ne servent pas en totalité aux mêmes usages, ce qui permet d'établir une distinction entre l'ovaire à vésicule de de Graaf et l'ovaire à calice. Le premier fournit les éléments d'un nouvel être qui aura besoin de se mettre en rapport direct et immédiat avec la mère pour achever son développement; le second, au contraire, donne des produits qui servent à la formation et au développement du fœtus d'une manière tout à fait indépendante et sans le secours de la mère. On dirait, à voir ce qui se passe dans la vésicule de de Graaf et dans le calice, que la première sécrète des matériaux en excès, puisqu'ils n'entrent pas tous dans la constitution de l'œuf, tandis que le second fournit un produit qui est entièrement profitable à l'œuf. Après ces considérations, voyons comment apparaît l'œuf de la couleuvre à collier.

Les plus petits grains qu'on observe dans la paroi antérieure du sac ovarien sont ronds, transparents et fortement enchâssés dans le tissu formateur; ce tissu serré, quoique très-vasculaire, ne le paraît pas autant que celui des sacs ovariens des grenouilles et des salamandres; indépendamment de cela, il est très-difficile d'isoler un œuf qui est encore transparent, mais on peut l'examiner sur place et s'assurer qu'il est déjà composé de deux sphères concentriques : l'une interne, la vésicule germinative; l'autre externe, la vésicule vitelline. A mesure que l'œuf grossit, il perd sa transparence et devient oblong; si l'on examine le liquide transparent qui est contenu dans l'œuf, on le trouve composé de très-petites granulations vitellines et de petites taches jaunes qui sem-

blent être de la matière grasse, puisque l'éther les fait disparaître par son contact. Lorsque le jaune commence à se montrer dans l'œuf, la vésicule germinative paraît se déplacer du centre; pourtant elle occupe toujours le milieu de l'ovoïde. A mesure que le vitellus remplit la cavité vitelline en se substituant au liquide transparent, qui est son élément formateur, on remarque que la vésicule germinative gagne la périphérie. Un peu plus tard le jaune empêche de voir ce que devient cette vésicule; mais avant cela et quand elle est dans le liquide vitellin, encore transparent, on peut la dégager de son enveloppe et l'examiner isolément : sa transparence alors est d'autant plus grande qu'elle ne contient pas encore de granulations appréciables. Lorsque les granulations sont formées et qu'elles se réunissent sur un point de sa périphérie, on aperçoit la tache germinative de Wagner, et cette tache est, par rapport à la vésicule germinative, ce que la tache de grains vitellins est par rapport à la sphère vitelline; l'une et l'autre sont le résultat de l'agglomération de globules et de vésicules élémentaires, en un point déterminé de la périphérie interne du vitellus ou de la vésicule germinative. Quand l'œuf semble avoir acquis tout son développement, on trouve que la substance vitelline est composée de granulations très-distinctes et de vésicules huileuses plus grosses et plus nombreuses. Lorsque tous les œufs sont arrivés à maturité, l'ovaire présente un aspect fort curieux : c'est un véritable chapelet à grains jaunes interrompus par des étranglements du sac ovarien. La déhiscence des parois se fait sur le point enchâssé du sac, et, après la séparation de l'œuf, on trouve en ce même lieu une fente qui ne disparaît entièrement qu'au bout de quelques jours.

DE L'ŒUF DANS L'OVIDUCTE.

L'œuf qui arrive dans l'oviducte se compose de la membrane vitelline, du vitellus oblong et de la vésicule germinative, dont nous admettons toujours l'existence, quoiqu'elle ne soit plus dis-

tincte. La fécondation semble devoir s'effectuer dans le commencement de l'oviducte, puisque l'on trouve des œufs fécondés et très-avancés, dans le voisinage du pavillon de la trompe. Examiné en ce moment, l'œuf ne présente d'autre différence que celle de l'arrangement de ses parties constituantes. Les globules vitellins, en effet, sont groupés, soudés ensemble, et, de plus, ce que nous n'avions pas constaté sur les œufs fécondés de batraciens, il y a souvent une enveloppe commune, une véritable cellule mère qui en contient plusieurs. Quant aux taches huileuses, quoiqu'en proportions très-grandes, elles semblent déjà être moins nombreuses qu'avant la fécondation.

Indépendamment de ce que nous venons d'exposer relativement à la couleuvre à collier, nous devons ajouter que nos recherches ont également été suivies sur des œufs de la couleuvre lisse; mais, à leur égard, nous n'avons remarqué aucune différence quant à la formation, au développement et à la composition du jaune; la coque seulement, qui est opaque et très-épaisse pour les œufs de la couleuvre à collier, est fine et transparente pour ceux de la couleuvre lisse. Comme cette différence permet de mieux observer les œufs de cette dernière espèce d'ophidien, nous les avons préférés pour la composition d'une planche qui n'a pu être gravée, mais qui fait partie du mémoire adressé à l'Académie. Sur une des figures on aperçoit, au-dessous de la membrane qui représente la coque de l'œuf, le petit serpent enroulé et placé sur le vitellus.

Entre cette première enveloppe et le jaune se trouve la membrane vitelline, soulevée par l'allantoïde. Les vaisseaux nombreux qu'on distingue, même au travers de l'enveloppe de la coque, appartiennent à l'allantoïde; lorsqu'on enlève entièrement la coquille molle et transparente, on trouve l'embryon enveloppé de toutes parts dans la membrane allantoïdienne. En ouvrant cette seconde enveloppe à double feuillet on voit le fœtus enroulé et placé dans l'amnios, qui le tient très-étroitement accolé au vitellus; si l'on écarte alors le vitellus de l'amnios, on aperçoit le repli amnio-

tique qui se porte sur l'embryon et qui constitue le canal ombilical par où passent les vaisseaux omphalo-mésentériques et le pédicule de l'allantoïde.

Lorsque le fœtus a employé toute la substance vitelline, son incubation interne est achevée et les couleuvres pondent leurs œufs avant la sortie du fœtus. On peut retarder le moment de la ponte en mettant les couleuvres à la diète et en les exposant aux rayons du soleil; alors, d'après Geoffroy-Saint-Hilaire, qui le premier a fait cette expérience, les couleuvres, affaiblies par la diète, n'ont pas la force d'expulser les œufs, et comme la chaleur solaire active l'incubation, les petits éclosent dans l'oviducte même : de cette manière, les couleuvres, qui sont ovo-vivipares, deviennent vivipares, si l'on n'a égard qu'à la nature du produit expulsé. Quant à ce qui est relatif à la fonction respiratoire des œufs pendant l'incubation interne, il en sera question dans la partie physiologique, où nous traiterons de la respiration en général.

RÉSUMÉ.

L'ovaire de la couleuvre à collier a des parois résistantes et vasculaires fort analogues à celles de l'ovaire de la femme.

Le produit du sac ovarien est un œuf non entouré de liquide albumineux, composé de granules et de vésicules, comme celui des mammifères.

L'ovaire de la couleuvre est constitué de calices ayant la plus grande analogie avec ceux de la poule et ceux des batraciens. Le calice et la vésicule de de Graaf, toutefois, donnent des produits dissemblables en apparence : le premier ne fournit que l'œuf, le second donne un œuf et un liquide albumineux dans lequel on rencontre des granules et des vésicules de nature albumineuse.

L'œuf dans l'ovaire tant de la couleuvre à collier que de la couleuvre lisse se compose d'une sphère germinative et d'une sphère vitelline, l'une et l'autre remplies d'abord de sérosité limpide, puis de globules et de vésicules huileuses.

Pendant l'incubation, le vitellus est constitué de grains vitellins à enveloppes celluleuses et de taches huileuses.

Les grains vitellins s'agrégent, se confondent souvent et donnent lieu à une cellule mère.

La proportion de la matière huileuse diminue à mesure que l'incubation avance.

Les grains vitellins semblent être les derniers employés pour l'organisation du nouvel être.

L'œuf n'est composé que du vitellus quand il est fécondé, et cet œuf ne renferme point d'albumen à l'état libre.

La coque molle et résistante de l'œuf se forme dans l'oviducte; elle isole les parties constituant l'embryon du contact immédiat de l'oviducte; malgré cet isolement il faut que les parois de cet organe lui transmettent les matériaux ambiants nécessaires à l'oxygénation du sang, ou, ce qui est encore probable, que l'air arrive directement jusqu'aux œufs.

L'existence d'une allantoïde vasculaire comme celle des oiseaux doit avoir pour but la même fonction, c'est-à-dire une véritable respiration.

L'œuf de la couleuvre se trouve plutôt dans les conditions de celui des oiseaux que de celui des mammifères, en ce sens que le vitellus reste vasculaire jusqu'à la fin de l'incubation et que l'allantoïde ne se met pas en communication directe avec les vaisseaux de l'oviducte.

L'évolution embryonnaire des ophidiens est donc le résultat d'une incubation interne plus ou moins complète et plus ou moins indépendante des fluides nutritifs fournis par la mère.

CHAPITRE IV.

RECHERCHES DE PHYSIOLOGIE SUR LES ŒUFS AQUATIQUES DES AMPHIBIENS.

L'évolution embryonnaire des animaux, considérée au point de vue physiologique, comprend essentiellement les phénomènes relatifs à la nutrition. En effet, à cette époque de la vie, les phénomènes de relation et de reproduction sont nuls ou beaucoup moins importants. Aussi avons-nous mis tous nos soins à rechercher dans quelles conditions les aliments, pris en dehors de l'être, pouvaient lui être assimilés; en un mot, par quelle suite de modifications, des éléments inertes en apparence pouvaient prendre une forme organique et faire partie intégrante d'un être vivant, sous l'influence de l'impulsion donnée par la fécondation.

Avant de chercher à remonter à la cause des phénomènes, il était d'abord très-important d'examiner la composition d'un amphibien quelconque, pendant des œufs aquatiques, aux différentes phases de son évolution. La grenouille est l'animal que nous avons choisi, autant parce qu'elle est commune en France, que parce qu'elle se présente dans des conditions qui rendent l'observation des faits plus facile que cela ne pourrait être avec aucun autre animal.

COMPOSITION IMMÉDIATE DE LA GRENOUILLE À DIFFÉRENTS ÂGES.

Si l'on examine la composition des animaux au point de vue le plus général, on trouve qu'ils sont essentiellement formés, 1° d'eau qui les imprègne de toutes parts et qui est absolument essentielle à leur existence; 2° de matières organiques destructibles par la combustion; 3° d'éléments anorganiques qui se trouvent déposés dans ces derniers. Ce court examen démontre qu'il était convenable de rechercher avec soin les proportions

relatives de ces divers éléments aux différents âges des animaux. Nos observations, comme celles anatomiques d'ailleurs, ont été faites sur l'œuf non fécondé, pris dans l'ovaire, sur des têtards de différents âges et sur des grenouilles adultes. L'eau et les matières volatiles ont été déterminées par simple dessiccation; les quantités relatives de la matière organique et de la matière anorganique l'ont été par la combustion.

Cette dernière méthode, mise en pratique avec tous les soins possibles, pouvait ne pas donner les résultats que nous espérions en tirer, parce que plusieurs éléments fixes pouvaient être susceptibles de s'oxyder par la combustion, et de donner ainsi, par l'addition du poids de l'oxygène qui s'y serait fixé, un poids plus considérable que celui de ces mêmes éléments pris dans l'état où ils se trouvent dans l'animal.

Cependant, si l'on considère que cette méthode a donné des différences considérables lorsqu'elle était appliquée à des êtres de différents âges, on demeurera convaincu que l'oxydation entière des matériaux anorganiques n'aurait pu altérer le sens du résultat obtenu. Toutefois on sait que cela n'était à craindre que pour le soufre et le phosphore, et les résultats obtenus par M. Gobley, paraissant bien confirmés, lèvent complétement cette difficulté, puisqu'il a démontré que le soufre contenu dans l'œuf s'y trouvait à l'état de sulfate glycérique, et qu'il est bien possible que le même corps et le phosphore se trouvent, au moins en partie, soit dans le même état, soit dans un état semblable, dans les amphibiens.

Il ne suffisait pas de déterminer les quantités relatives de l'eau des matières organiques et anorganiques entrant dans la constitution de la grenouille à différents âges; il était aussi très-important de déterminer la nature et les quantités relatives des éléments organiques, aussi bien que ceux des éléments anorganiques; car ces éléments pouvaient varier par leur nature et par leurs proportions relatives. En effet, il suffit d'examiner les cendres résultant de la combustion des têtards pour être convaincu de la nécessité

d'une pareille recherche. Les cendres des plus jeunes têtards sont rouges comme du sesquioxyde ferrique, et cette couleur va en se dégradant jusqu'au blanc rosé à mesure que l'animal avance en âge.

EXAMEN DES MATÉRIAUX IMMÉDIATS, ORGANIQUES, ENTRANT DANS LA COMPOSITION DE LA GRENOUILLE.

Afin d'altérer le moins possible les éléments organiques entrant dans la constitution de la grenouille, nous avons employé les moyens analytiques les plus simples et nous n'avons fait usage, en premier lieu, que de dissolvants neutres : l'éther et l'eau.

Les grenouilles, desséchées dans une étuve, ont d'abord été traitées par le zyméther, dans le but d'en extraire les matières grasses; ensuite on a employé de l'eau à + 60 degrés pour enlever l'albumine, dans le cas où le zyméther ne l'aurait pas rendue insoluble, puis de l'eau bouillante pour enlever le tissu cellulaire à l'état de gélatine, puis de l'eau alcalisée, et enfin de l'eau acidulée.

Dessiccation. — Comme cela vient d'être dit, les grenouilles ont été desséchées dans une étuve : la température de cette étuve ne dépassait pas 60 degrés.

Pendant le temps qu'a duré cette opération, elles ont répandu une odeur forte et désagréable de poisson et d'acide phocénique. Avant et après l'opération les produits ont été pesés avec soin dans le même vase, de telle manière qu'il ne pouvait y avoir aucune perte due au mode d'expérimentation. Ce procédé, d'ailleurs, a été suivi pour toutes les autres opérations entreprises, soit sur les matières organiques, soit sur le résidu de leur combustion.

Traitement par l'éther. — Le traitement par l'éther a été fait dans des flacons bouchés. Les liquides provenant de ce traitement ont été distillés, puis desséchés à l'étuve et dans le vide. Le résidu est une huile brune, épaisse, d'une odeur analogue à celle qui se dégageait pendant la dessiccation des produits. Cette huile a une réaction légèrement acide; elle se saponifie par une dissolution de potasse bouillante, mais on s'aperçoit alors qu'elle est au moins

formée de deux matières différentes, dont une demeure suspendue dans la dissolution alcaline; l'alcool pur et bouillant la dissout, mais il se trouble un peu par le refroidissement. Cette matière huileuse diffère de l'huile des poissons par la propriété qu'elle a de se saponifier en partie.

Traitement par l'eau à + 60 degrés. — Le produit obtenu par ce traitement est brun, son odeur est fade; il ne se prend point en gelée par le refroidissement et ne se coagule pas par la chaleur; sa dissolution se trouble par l'alcool et le bichlorure mercurique; le tanin et le silicate potassique y font naître un précipité abondant.

La matière obtenue par l'eau à + 60 degrés n'est donc point de l'albumine proprement dite, puisqu'elle ne se coagule pas par la chaleur; mais elle est évidemment une matière albuminoïde par l'ensemble de ses propriétés.

Traitement par l'eau bouillante. — Le produit de ce traitement a une odeur de cantharides; il est d'un brun presque noir, et ne se prend point en gelée par le refroidissement. L'alcool, le bichlorure mercurique et le silicate potassique ne le précipitent point, la potasse caustique n'en éclaircit point la dissolution lorsqu'elle est trouble; l'azotate et l'acétate plombiques, surtout l'azotate équimercurique et le tanin, la précipitent complétement.

La matière obtenue par l'eau bouillante n'est évidemment point de la gélatine : elle en diffère par une foule de propriétés; elle se rapproche de l'osmazôme, ou extrait de viande, par ses propriétés chimiques.

Traitement par l'eau alcaline. — Le résidu des traitements précédents est à peine attaqué par l'eau rendue alcaline par un centième d'oxyde hydro-potassique, soit à la température ordinaire, soit à celle de l'ébullition. Ce traitement a été fait dans l'intention de dissoudre l'albumine, si elle se trouvait coagulée.

Les têtards noirs donnent une liqueur trouble; tous les autres donnent une liqueur claire. Le résidu des têtards gris, les troisièmes pour la grandeur et l'âge, se gonfle fortement, et c'est le seul; les autres résidus demeurent grenus et plus denses que la

liqueur au fond de laquelle ils se tiennent. Ce sont là les seuls faits observés dans cette opération.

Le traitement par la liqueur alcaline avait principalement pour but de séparer l'albumine, qui aurait pu être rendue insoluble dans l'eau par l'action du zyméther. Il est toutefois évident que ce dernier agent ne pouvait coaguler l'albumine, puisqu'elle était à l'état de dessiccation complète dans le produit animal auquel il a été appliqué.

Traitement par l'eau acidulée à 2 millièmes par le chlorure hydrique. — Ce traitement avait pour but d'enlever la fibrine qui aurait pu se trouver dans le résidu sec. Le produit obtenu n'a donné lieu à aucune réaction qui mérite d'être rapportée ici. Il devait détruire en même temps les carbonates, et dissoudre le phosphate calcaire.

RÉSUMÉ.

Il résulte de l'examen précédent que les batraciens, dans les premiers temps de leur existence, ne renferment pas les mêmes matériaux que ceux que l'on rencontre dans les animaux supérieurs : là point de véritable albumine, point de véritable tissu cellulaire, mais des matériaux spéciaux, matériaux nécessaires au genre d'existence des animaux qu'ils forment. Toutefois, la grenouille adulte a une composition qui se rapproche beaucoup plus de celle des animaux aériens.

Faut-il conclure de ces faits qu'il y a beaucoup plus de tissus élémentaires que les anatomistes ne l'admettent ordinairement? La solution de cette question est de la plus haute importance et sera discutée dans un autre article. On trouvera dans le tableau suivant le résumé des expériences dont il a été question dans ce paragraphe [1].

Les nombres qui s'y trouvent se rapportent à la matière organique de l'animal, prise comme unité.

[1] Les têtards ont été pêchés les jours mêmes qui sont indiqués au tableau. On ignore l'âge des premiers, mais ils étaient encore fort jeunes, et il est éminemment probable que tous les

EXAMEN DE LA MATIÈRE COMBUSTIBLE DE LA GRENOUILLE,
DEPUIS L'ŒUF NON FÉCONDÉ, PRIS DANS L'OVAIRE, JUSQU'À L'ANIMAL ADULTE.

	E. ŒUFS pris dans l'ovaire. 1846.	F. TÊTARDS 27 avril 1845. Espèce grise.	G. TÊTARDS 11 mai 1845. Espèce grise.	H. TÊTARDS 12 juin 1845. Espèce grise.	I. TÊTARDS très-forts à pattes postérieures. 21 août 1845. — Fontainebleau.	J. GRENOUILLES adultes. 1846.	K. TÊTARDS 9 juin 1845. Espèce noire. — Auteuil.	OBSERVATIONS.
		Étangs de Bellevue.						
Matière enlevée par l'éther.....	0,245	0,070	0,042	0,100	0,217	0,006	0,004	Huile brune, épaisse, légèrement acide, soluble dans l'alcool bouillant et saponifiable.
Matière enlevée par l'eau à + 60 degrés.....	0,110	0,300	0,304	0,233	0,505	0,224	0,350	Matière albuminoïde ne se coagulant point par la chaleur.
Matière enlevée par l'eau bouillante.....	0,049	0,030	0,134	0,132	0,008	0,272	0,045	Matière analogue à l'osmazôme.
Matière enlevée par l'oxyde hydro-potassique dilué.....	0,115	0,160	0,204	0,434	0,160	0,284	0,130	
Matière enlevée par le chlorure hydrique dilué.....	0,165	0,050	0,018	0,006	0,027	0,114	0,020	
Résidu.....	0,316	0,390	0,298	0,086	0,083	0,100	0,391	

La matière grasse varie chez les têtards, et va généralement en augmentant. Ce résultat, qui diffère de celui obtenu des œufs de poule soumis à l'incubation, n'offre cependant point une contradiction, parce que les têtards ont tiré leurs aliments du

têtards pêchés dans le même lieu sont de la même époque, de telle manière que la date de la pêche donne une idée de leur âge. Quant aux têtards n° 5, pêchés dans les environs de Fontainebleau, ils étaient près de se transformer en grenouilles, et étaient d'ailleurs d'une force telle que l'on en voit rarement de pareils dans les environs de Paris.

Les têtards n° 7 ont été pêchés dans l'étang d'Auteuil; ils sont de l'espèce noire et à peu près de la même taille que les têtards n° 2 : ils ont environ 2 centimètres de longueur, en y comprenant la queue. Pour les grenouilles, on a pris un mâle et une femelle; en outre, on a enlevé l'ovaire de cette dernière, afin de ne pas retrouver parmi les produits qu'elle pouvait donner ceux d'un organe étudié à part.

dehors et que la matière grasse a pu se produire et s'accumuler chez eux à mesure qu'ils ont pris de l'accroissement, en même temps qu'ils en détruisaient une certaine quantité; mais il a de l'importance pour établir la composition de ces animaux.

La matière albuminoïde entre en proportion considérable dans les forts têtards; elle varie du quart à la moitié du poids des matières organiques.

L'extrait obtenu par l'eau bouillante est en quantité très-variable: faible d'abord, il va en augmentant pour diminuer ensuite.

On voit que l'oxyde potassique et le chlorure hydrique n'ont point été sans action, et que les matières qu'ils ont extraites ont des poids assez notables; seulement, il faut remarquer que le chlorure hydrique a pu dissoudre du carbonate et du phosphate calciques, ainsi que de l'oxyde ferrique. Ne connaissant point la limite de l'action de ce réactif, nous n'avons point fait les calculs nécessaires pour déduire le poids de ces matières minérales de celui de la matière organique.

L'oviducte de la grenouille paraît être formé d'une matière animale spéciale qui jouit de la propriété d'absorber l'eau et de se gonfler fortement, comme l'ichthyocolle. Des grenouilles vivantes, l'abdomen ouvert, l'oviducte à nu, et plongées dans l'eau, nous ont présenté ce phénomène. Nous avons commencé l'étude de cette matière, étude qui ne peut trouver de place ici.

EXAMEN DU PRODUIT DE L'INCINÉRATION DE LA GRENOUILLE À DIFFÉRENTS ÂGES.

Le produit de l'incinération de la grenouille a été soumis à l'examen chimique. Les procédés mis en pratique ont été aussi simples que ceux dont il a été fait usage pour examiner la matière organique de cet animal. Nous n'avons employé que quelques dissolvants, tels que l'eau et des acides dilués ou concentrés. Le produit de la réaction était décanté à l'aide d'une pipette; le résidu était lavé, desséché et pesé dans le vase même où il avait été placé, de telle manière qu'il y restait jusqu'à la fin de l'analyse. Si ce procédé ne permet pas une séparation rigoureuse des

substances mélangées, il les donne telles qu'elles sont et sans aucune chance possible de perte. Les dissolvants ont été successivement : l'eau distillée, l'acétate et l'azotate hydriques dilués, puis le chlorure hydrique concentré.

L'eau enlevait des sulfates et des chlorures potassiques et sodiques;

L'acétate hydrique enlevait le carbonate calcique;

L'azotate hydrique dissolvait le phosphate calcique;

Le chlorure hydrique dissolvait principalement le sesquioxyde ferrique et l'alumine;

Le résidu était essentiellement formé d'acide silicique.

On trouvera dans le tableau suivant le résultat des expériences entreprises dans la direction qui vient d'être indiquée. Les animaux incinérés étaient exactement les mêmes que ceux qui ont fourni les matières organiques examinées dans le paragraphe précédent.

EXAMEN ANALYTIQUE DU RÉSIDU INCOMBUSTIBLE DE LA GRENOUILLE, DEPUIS L'ŒUF PRIS DANS L'OVAIRE JUSQU'À L'ANIMAL ADULTE.

	E.	F.	G.	H.	I.	J.	K.	
	ŒUFS pris dans l'ovaire.	TÊTARDS 27 avril 1845. Espèce grise.	TÊTARDS 11 mai 1845. Espèce grise.	TÊTARDS 12 juin 1845. Espèce grise.	TÊTARDS 21 août 1845. Pattes postérieures très-fortes.	GRENOUILLES adultes. 1846.	TÊTARDS 9 juin 1845. Espèce noire. — Auteuil.	OBSERVATIONS.
		Étangs de Bellevue.						
Produits enlevés par l'eau	0,040	0,125	0,020	0,120	0,100	Indice de phosphate de potasse.	0,015	Sulfate et chlorure potassiques et sodiques.
Produits enlevés par l'acétate hydrique dilué	Phosphate calcaire et phosphate ammoniaco-magnésien.	0,050	0,160	0,260	0,550	0,400	0,060	Carbonate calcique.
Produits enlevés par l'azotate hydrique dilué		0,050	0,260	0,300	0,200	0,575	0,235	Phosphate calcique.
Produits enlevés par le chlorure hydrique concentré		0,200	0,090	0,060	traces.	traces.	0,065	Sesquioxyde ferrique.
Résidu		0,575	0,470	0,260	0,150	0,025	0,625	Acide silicique.

Les œufs pris dans l'ovaire de la grenouille ont été desséchés avec l'ovaire même; car il eût été trop long et trop difficile d'en séparer une quantité pouvant suffire à nos expériences. La masse des œufs l'emportait d'ailleurs de beaucoup sur celle des parties qui s'y trouvaient adhérentes. Ces œufs ont présenté la plus grande difficulté lorsqu'on a voulu les incinérer, parce qu'ils se recouvraient d'un vernis de phosphate fusible, que l'eau bouillante même ne pouvait enlever. Nous avons pourtant réussi à les brûler complétement, après les avoir mêlés avec un poids triple du leur de sulfate trimercurique (turbith minéral). Il n'est resté alors qu'un enduit vitreux, insoluble dans l'eau, qui ne put être enlevé du creuset que par l'azotate hydrique bouillant, et qui, après la dissolution, fut bien nettement reconnu pour être un mélange de phosphate trihydrique soluble dans l'eau et de phosphate magnésique contenant de la chaux. Le phosphate trihydrique venait, sans aucun doute, de la réaction de l'azotate hydrique sur le phosphate équihydrique résultant de la calcination; mais nous n'avons pas déterminé s'il provenait de phosphate hydroglycérique, comme les expériences de M. Gobley sur l'œuf de la poule pourraient le faire soupçonner, ou de phosphate ammoniaco-magnésien, comme on peut aussi le penser. Les cendres de ces œufs n'ont donc pu être soumises aux mêmes expériences que les cendres du têtard et de la grenouille; quoi qu'il en soit, la différence apportée dans les résultats par la fécondation et un nouveau mode de nutrition n'en est pas moins remarquable.

En consultant le tableau précédent, on voit que le carbonate calcique augmente avec l'âge; qu'il en est à peu près de même du phosphate calcique. La seule différence observée serait relative aux têtards gris; mais ces têtards étaient évidemment d'une autre espèce, et n'avaient point été pêchés dans le même lieu. Quant au sesquioxyde ferrique, sa présence en quantité très-considérable dans les cendres des jeunes têtards, et sa diminution rapide à mesure qu'ils avancent en âge, sont un fait extrêmement remarquable et tout à fait inattendu. Ce fait démontre que chez les gre-

nouilles, le rôle des matières anorganiques est rempli par des matières essentiellement différentes, selon l'âge de l'animal.

Le résidu, inattaquable par les acides, suit également une période décroissante.

Ainsi, en résumant, on voit que les matières anorganiques des jeunes têtards sont essentiellement représentées par du sesquioxyde de fer et de l'acide silicique, comme cela a lieu pour ce dernier corps chez certaines graminées, et qu'à mesure qu'ils avancent en âge, la proportion de ces éléments diminue peu à peu, et qu'ils se trouvent remplacés par les éléments ordinaires, bien connus, du squelette des animaux, le carbonate et le phosphate calciques.

Afin de donner une idée complète de la composition de la grenouille à ses différents âges, nous avons réuni en un seul tableau tous les éléments des tableaux précédents. Les quantités y sont rapportées à l'animal pris comme unité de poids.

RESUMÉ GÉNÉRAL ET COMPARATIF DE LA COMPOSITION DE LA GRENOUILLE AUX DIFFÉRENTES ÉPOQUES DE SON EXISTENCE, DEPUIS L'ŒUF NON FÉCONDÉ, PRIS DANS L'OVAIRE, JUSQU'À L'ÂGE ADULTE.

			E. ŒUFS pris dans l'ovaire. 1846.	F. TÊTARDS GRIS pêchés dans les étangs de Bellevue. 27 avril 1845.	G. TÊTARDS GRIS pêchés dans les étangs de Bellevue. 11 mai 1845.	H. TÊTARDS GRIS pêchés dans les étangs de Bellevue. 12 juin 1845.	I. TÊTARDS de Fontainebleau. 21 août 1845.	J. GRENOUILLES adultes. 1846.
Matières volatiles			0,5572	0,9347	0,9124	0,9015	0,9074	0,7741
Matières fixes..	combustibles...	Solubles dans le zyméther..	0,1041	0,0025	0,0023	0,0092	0,0178	0,0011
		Sol. dans l'eau à 60 degrés.	0,0467	0,0106	0,0168	0,0196	60,413	0,0425
		Sol. dans l'eau bouillante...	0,0208	0,0011	0,0074	0,0111	0,0066	0,0516
		Sol. dans l'eau alcaline....	0,0488	0,0057	0,0113	0,0365	0,0131	0,0539
		Sol. dans l'eau acidulée....	0,0701	0,0018	0,0069	0,0005	0,0022	0,0126
		Résidu insoluble.....	0,1345	0,0149	0,0069	0,0078	0,0070	0,0172
	incombustibles..	Solubles dans l'eau.....		0,0038	0,0008	0,0017	0,0011	traces.
		Sol. dans l'acétate hydrique dilué		0,0005	0,0067	0,0037	0,0058	0,0164
		Sol. dans l'azotate hydrique dilué.....	0,0178	0,0005	0,0109	0,0043	0,0021	0,0207
		Sol. dans le chlorure hydr..		0,0062	0,0038	0,0004	traces	traces.
		Résidu.....		0,0177	0,0198	0,0037	0,0010	0,0099
			1,0000	1,0000	0,0000	0,0000	1,0000	1,0000
RÉSUMÉ.								
Eau et matières volatiles			0,5572	0,9337	0,9124	0,9015	0,9074	0,7741
Matières combustibles			0,4250	0,0355	0,0456	0,0843	0,0819	0,1898
Matières incombustibles			0,0178	0,0308	0,0420	0,0142	0,0107	0,0361
			1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000

RECHERCHES SUR LES CONDITIONS NÉCESSAIRES AU DÉVELOPPEMENT DE L'EMBRYON DES BATRACIENS.

Les recherches précédentes nous ayant fait connaître la nature et les proportions des éléments constitutifs de la grenouille à différents âges, il reste à déterminer comment ces éléments parviennent à l'être vivant, comment ils se modifient, et dans quelles conditions ces phénomènes peuvent se produire. La cause première est évidemment la fécondation; viennent ensuite l'alimentation, la modification des aliments par la présence de l'oxygène, puis, enfin, l'influence de la lumière et d'une température convenable. Il est bien probable que l'électricité doit jouer un rôle important dans cet acte de la vie; mais nous n'avons rien trouvé qui ait pu nous permettre de le constater ni de l'affirmer. Pour nous, toutefois, la lumière, la chaleur et l'électricité dérivent d'une source commune, et ne sont que les modifications phénoménales ou apparentes du mouvement général qui détermine toutes les réactions indispensables à la formation et à l'organisation des êtres.

INFLUENCE DE LA FÉCONDATION.

Ainsi que cela a déjà été dit, lorsque l'œuf s'est détaché de l'ovaire, il ne peut avoir une vie indépendante sans l'influence fécondante du mâle. Sans elle tout y demeure stationnaire jusqu'à ce que commencent les phénomènes de la désorganisation ou la putréfaction. Lorsque l'œuf est fécondé, et qu'il est d'ailleurs entouré de toutes les conditions nécessaires à son développement, il apparaît un nouvel ordre de choses : tout s'anime, tout se meut; les granules, les cellules, changent de forme et de rapports; il s'en crée de nouvelles, l'être prend une forme qui varie, en se modifiant, jusqu'à ce que l'animal ait atteint son développement complet dans les circonstances où la vie existe actuellement à la surface du globe que nous habitons.

Pour que la fécondation s'opère, il faut que les animaux soient

dans de bonnes conditions hygiéniques, surtout les mâles. Si l'on soumet à une diète sévère des salamandres pleines et prêtes à pondre, elles s'émacient peu à peu, et leurs œufs sont résorbés dans l'ovaire. Si on les tient prisonnières dans une petite quantité d'eau, avec des mâles en quantité suffisante, même en leur donnant une nourriture abondante et en les soumettant à l'action solaire, elles pondent, mais la fécondation a rarement lieu : il leur faut la liberté pour que cette importante fonction s'accomplisse.

Les grenouilles, et tous les êtres vivants, d'ailleurs, subissent les influences météorologiques : si l'année est précoce, elles pondent de bonne heure ; mais il arrive quelquefois que la température baisse subitement, et leurs œufs ne sont point fécondés par les mâles : c'est ce qui est arrivé pour la majeure partie du frai de la grenouille verte, au commencement de 1845 : beaucoup d'œufs pris dans divers étangs n'étaient point fécondés et nous ont fait entreprendre beaucoup d'expériences qui n'ont pu être terminées; en 1844, 1843 et 1842, les œufs de la grenouille étaient, au contraire, bien fécondés et n'ont jamais failli de se développer dans le cours de nos observations.

Au commencement de cette année 1846, quatre couples de grenouilles vertes, dont les femelles étaient prêtes à pondre, placés dans un bassin abrité du soleil, ont bien donné des œufs, mais aucun d'eux n'était fécondé, quoique les mâles se soient constamment tenus sur les femelles.

Il faut donc, pour que la fécondation ait lieu, le concours d'une nourriture abondante, une température de + 12° au moins, de la lumière et même de la liberté. On verra qu'à la liberté près, les mêmes conditions sont indispensables au développement du germe.

INFLUENCE DE L'ALIMENTATION.

Il est évident que l'animal ne crée point les matériaux nécessaires à son existence, et qu'il les puise au dehors. S'il est bien

certain que les germes animaux puisent les éléments nécessaires à leur idification dans l'œuf même, il est aussi bien démontré que les œufs aériens empruntent quelque chose au fluide dans lequel ils sont plongés. Ne se pourrait-il point que les œufs aquatiques, qui sont immergés dans l'eau, empruntassent aussi quelque chose aux substances que ce liquide tient en dissolution? Nous démontrerons que cela est indispensable pour l'oxygène, que cela paraît être aussi indispensable pour les matériaux inorganiques, et peut-être même pour les matières organiques que l'eau pourrait contenir. En effet, M. Rusconi a déjà vu que des œufs de salamandre, privés de leur enveloppe et placés dans l'eau ordinaire, pouvaient y subir les différentes phases de leur évolution. Nous avons répété cette expérience, et nous avons vu que le développement de l'embryon *était même plus rapide que dans les circonstances ordinaires*. Quant aux matériaux anorganiques, ainsi que cela vient d'être dit, ils sont puisés dans le fluide ambiant; ceci est prouvé bien nettement par la comparaison des produits de l'incinération des œufs de grenouille avant la fécondation, et des œufs de têtards à divers degrés de développement. Les premiers ne contiennent nullement les éléments des derniers; par conséquent, ces éléments sont puisés au dehors. Nous pouvons le dire ici, d'ailleurs, l'appel de ces matériaux anorganiques est une chose indispensable à l'être animé; s'il n'avait point lieu, les particules organiques demeureraient sans consistance, et les tissus qui en sont formés, dépourvus de solidité, ne pourraient résister à la pesanteur, et conserver la forme qui est donnée par la puissance créatrice. Mais comment se fait-il que, selon l'âge de l'animal, il y ait un choix parmi les matériaux qui l'entourent? Comment se fait-il que les premiers diffèrent essentiellement des derniers, non-seulement par leur nature, leur proportion, mais encore par leur localisation? Le fer appartient principalement à la matière colorante du sang des animaux adultes; chez les jeunes têtards, il fait partie de tout l'être, et en quantité relativement très-considérable. Ce sont là des faits que nous sommes heureux

d'avoir pu constater, mais qu'il ne nous appartient pas encore d'expliquer.

INFLUENCE DE L'OXYGÈNE.

Si les aliments sont nécessaires au développement de l'animal, l'intervention de l'oxygène ne l'est pas moins. C'est ce qui ressortira pleinement des expériences dont le détail va suivre. Ces faits, d'ailleurs, comme on l'a vu dans la première partie de ce travail, sont complétement démontrés pour les œufs aériens. Il ne restait qu'à rechercher si la même chose avait lieu dans les animaux pondant des œufs aquatiques.

Pour soumettre les œufs des batraciens à l'influence de l'oxygène et de divers autres gaz, nous les avons introduits avec de l'eau dans des flacons à deux tubulures (pl. XVI, fig. 4). La tubulure moyenne de ces flacons était traversée par un tube très-rétréci à son extrémité inférieure qui plongeait dans le liquide, tandis que son extrémité supérieure était soudée à un tube plus large pouvant servir d'entonnoir, et auquel il était facile d'adapter un bouchon, soit pour le fermer, soit pour le faire communiquer avec un appareil générateur de gaz. La seconde tubulure recevait un tube à recueillir les gaz, dont la branche aspirante était longue, très-rétrécie à son ouverture et permettait de fermer l'appareil en la plongeant dans le liquide.

En plaçant des œufs de batraciens dans le flacon et le remplissant complétement d'eau, on pouvait y faire parvenir un gaz par la tubulure moyenne, tandis que l'eau sortait de la tubulure latérale. Lorsque l'expérience était terminée, il était facile d'obtenir une partie du gaz de l'appareil pour le soumettre à l'analyse. Pour cela il suffisait de verser de l'eau par la tubulure moyenne et de soulever la branche interne du tube latéral au-dessus du niveau de l'eau : le gaz se trouvait déplacé par le liquide afférent et s'écoulait par le tube latéral.

1° En avril 1842, des œufs de grenouille grise ont été intro-

duits dans une cloche qu'ils remplissaient complétement. Cette cloche a été ensuite renversée sur le mercure.

Pendant quelques jours on a vu les embryons se remuer ; mais tout mouvement a bientôt cessé, et les animaux sont morts.

2° A la même époque, des œufs du même animal ont été introduits dans des flacons complétement remplis d'eau distillée, privée d'air par l'ébullition, puis ces flacons ont été bouchés hermétiquement.

On a vu les embryons se remuer pendant quelques jours; enfin ils sont tous morts en peu de temps.

Cette expérience a été faite dans l'obscurité et à la lumière solaire : elle a toujours donné le même résultat.

3° Le 1^er^ avril 1844, à 1 heure 25 minutes, des œufs de grenouille, en bon état, ont été introduits dans trois flacons remplis d'eau distillée bouillie la veille et refroidie sans le contact de l'air. Les flacons ont été parfaitement bouchés sans qu'il s'y trouvât une seule bulle d'air. Ils ont été exposés au soleil, à une température de + 22 degrés et par un beau temps.

A 1 heure 45 minutes, trois nouveaux bocaux ont été préparés comme les précédents, mais ils avaient été remplis avec de l'eau de Seine aérée. En outre, des œufs de grenouille ont été placés à côté des précédents, dans l'eau de Seine en communication avec l'air ambiant.

Ces dispositions ont donné lieu aux observations suivantes :

Le 3 avril, tous les embryons de grenouille placés dans l'eau distillée bouillie étaient morts; ils étaient à demi sortis de leurs enveloppes. Les embryons placés dans l'eau de Seine privée du contact de l'air vivaient encore.

Le 4 avril, tous les embryons contenus dans un flacon d'eau de Seine étaient morts.

Le 5 avril, tous les embryons contenus dans les deux autres flacons vivaient encore et avaient pris un grand développement.

Le 10 avril, la moitié des têtards du dernier flacon étaient morts. Les têtards restants paraissaient se bien porter; cependant

ils sont morts successivement, et le 16 avril il n'en restait plus un seul vivant dans aucun flacon.

Les œufs placés à côté des précédents dans l'eau de Seine communiquant avec l'air libre se sont developpés lentement; mais les têtards qui en sont provenus se portaient encore très-bien le 21 avril, jour où l'expérience a été arrêtée.

4° Le 1er avril 1843, vingt œufs de grenouille grise ont été introduits dans un flacon contenant deux décilitres d'eau de Seine et trois décilitres d'air; ce flacon fut ensuite bien fermé. Tous les œufs sont éclos depuis le jour où l'on a commencé l'expérience jusqu'au 9 avril.

Tous les têtards produits furent très-agiles et parurent se bien porter; mais ils se sont très-peu développés. La même expérience a été répétée un grand nombre de fois avec le même résultat.

Ces expériences semblent démontrer que les têtards, après leur sortie de l'œuf, ont besoin d'aliments que les débris de leurs enveloppes ne peuvent leur procurer, et que l'oxygène n'est pas le seul agent qui leur soit indispensable.

5° Le 22 mai 1842, vingt têtards noirs, récemment éclos, ont été introduits dans un des flacons à deux tubulures décrits précédemment. Ce flacon contenait de l'eau aérée et de l'air.

Le 3 juin, ils étaient vivants et bien portants.

L'air du flacon, soumis à l'analyse, ne renfermait plus que 0, 20 d'oxygène; l'air en renfermant généralement 0, 008 de plus que cette quantité, il en résulte que ce qui manquait avait été consommé par les jeunes têtards.

En 1846, nous avons entrepris des expériences pour voir s'il se produisait de l'acide carbonique pendant l'évolution embryonnaire des batraciens; mais nous n'avons pu nous procurer que des œufs non fécondés, qui n'ont pu nous donner aucun résultat utile.

Les expériences toxicologiques faites avec l'acide carbonique et différents gaz, autres que l'air, complètent ce qui vient d'être dit, et démontrent la nécessité de l'intervention de l'oxygène.

pour que l'évolution embryonnaire des batraciens ait lieu. Ceci est, d'ailleurs, bien conforme à ce que nous avons observé chez les œufs aériens. Dans la partie toxicologique on trouvera, en outre, la preuve que les enveloppes des œufs des batraciens sont éminemment perméables aux liquides, et que c'est par imbibition et endosmose que l'eau aérée et chargée de matières salines parvient à l'embryon.

INFLUENCE DE LA CHALEUR ET DE LA LUMIÈRE.

Nous avons déjà eu occasion de dire qu'une température de 12 degrés au moins était nécessaire pour que l'évolution embryonnaire des batraciens pût se faire convenablement. Nous pouvons ajouter ici que la rapidité du développement est en rapport avec la température : quand elle est trop basse, il n'a pas lieu; quand elle est trop élevée, il marche lentement. Il est rapide, au contraire, si la température est élevée de 20 à 25 degrés. La lumière accélère aussi le développement des têtards. On sait depuis longtemps qu'on peut le retarder, pour ainsi dire, indéfiniment, en les plaçant dans un endroit obscur et dont la température est peu élevée, dans une cave par exemple.

Nous n'avons pu apprécier l'influence de l'électricité; mais nous devons dire que toutes les fois qu'une grande quantité de têtards a été conservée dans un volume d'eau, relativement faible, ils ont toujours péri lorsqu'un orage est survenu. Nous avons eu occasion d'observer ce fait un assez grand nombre de fois, dans la suite de nos recherches, qui ont duré plusieurs années, pour que nous puissions le considérer comme positif et constant. On sait, d'ailleurs, que le poisson, même adulte, périt dans les circonstances semblables.

CHAPITRE V.

EXPÉRIENCES TOXICOLOGIQUES SUR LES ŒUFS FÉCONDÉS DES BATRACIENS.

Pour compléter nos expériences sur les œufs des batraciens, nous les avons mis en rapport avec des agents pondérables de divers ordres, tels que des gaz irrespirables, des substances vénéneuses et quelques composés salins.

INFLUENCE DES GAZ IRRESPIRABLES.

Acide carbonique. — Le 1er avril 1842, des œufs de grenouille ont été introduits dans des flacons remplis d'eau distillée chargée d'acide carbonique; les flacons ont été ensuite bien bouchés et placés les uns à la lumière solaire, les autres dans l'obscurité. En peu de jours tous les embryons sont morts.

Le 1er avril 1843, l'expérience précédente a été répétée et a donné exactement le même résultat. Les embryons sont morts dans l'œuf. Le 10 avril ils étaient ratatinés, l'albumen interne était devenu opaque et adhérait après eux; l'albumen externe était considérablement dilaté.

Hydrogène. — Le 1er avril 1843, on a fait passer un courant d'hydrogène dans de l'eau où plongeaient de petits têtards, et l'air contenu dans la partie supérieure du flacon a été complétement remplacé par ce gaz. Le 10 avril, il y avait des animaux morts, mais il en restait encore de vivants. Nous pensons que de l'air est resté dans l'appareil. Un accident nous a empêchés de soumettre à l'analyse celui qui se trouvait dans le flacon.

Le 22 mai 1842, la même expérience a été faite dans l'appareil de la planche XVI, figure 4, décrit précédemment. Les têtards exécutaient des mouvements lents; ils paraissaient engourdis et ne donnèrent bientôt plus quelques signes de vie que lorsque

l'on agitait le vase qui les contenait. Ils sont tous morts en une heure.

Les expériences suivantes ont été faites sur des têtards récemment éclos.

Oxygène. — Le 22 mai 1842, vingt têtards de grenouille ont été introduits dans de l'eau où l'on a fait passer un courant d'oxygène.

Le 3 juin suivant, deux têtards sont morts, les autres paraissaient en bon état; l'eau était colorée en brun. Le gaz de l'appareil, soumis à l'analyse à la fin de l'expérience, n'a pas donné l'indice de la présence de l'acide carbonique et était composé ainsi qu'il suit :

Oxygène	0,316
Azote	0,684

De l'air est évidemment entré dans l'appareil, car l'azote s'y trouvait en trop grande quantité pour avoir pu être exhalé par les têtards. Si ces embryons ont pu résister à l'action d'une si grande quantité d'oxygène, cela tient évidemment au peu de solubilité de ce gaz dans l'eau, et si le gaz du flacon ne contenait pas d'acide carbonique, on peut l'attribuer à une action contraire de la part de ce dernier gaz.

Protoxyde d'azote. — Le 22 mai 1842, vingt petits têtards ont été introduits dans un flacon rempli d'eau distillée, où l'on a fait passer un courant de protoxyde d'azote. Les petits têtards ont paru beaucoup plus animés que ceux que l'on avait placés dans de l'eau aérée pour les observer comparativement; ils exécutaient des mouvements incohérents qui simulaient une espèce d'ivresse. Une heure après ils étaient tous morts.

INFLUENCE DES AGENTS VÉNÉNEUX.

Parmi les expériences entreprises avec différents sels ou des matières vénéneuses, nous appellerons l'attention sur celles faites

avec les sulfates de strychnine et de morphine parce qu'elles démontrent la perméabilité des enveloppes muqueuses des embryons des batraciens, et parce que chez ces animaux, si bas dans l'échelle des vertébrés, et seulement à l'état rudimentaire, ces substances agissent comme chez les mammifères adultes.

Sulfate de strychnine. — Le 1er avril 1843, un décigramme de strychnine a été dissous dans 2 décilitres d'eau à l'aide de la plus petite quantité possible de sulfate hydrique. Des œufs de grenouille et quelques petits têtards récemment éclos ont été introduits dans cette eau. Les têtards ont été immédiatement pris de convulsions violentes; ils exécutaient des mouvements rapides d'enroulement et de déroulement.

En peu de temps, ils sont tombés roides au fond du vase, et ne se sont plus relevés. En moins de cinq minutes, le liquide vénéneux a pénétré dans les œufs, et les animaux qui s'y trouvaient renfermés ont éprouvé les mêmes convulsions que les précédents. Ils se retournaient complétement dans l'œuf, et parvenaient à s'enrouler en sens inverse de leur position ordinaire.

Cette observation donne des résultats notables et précieux : l'un d'eux nous apprend que les enveloppes muqueuses des batraciens sont éminemment perméables aux liquides, qui peuvent les traverser en moins de cinq minutes; que c'est par cette voie que l'eau, chargée d'oxygène et de matières minérales qu'elle tient en dissolution, arrive facilement et rapidement aux embryons en traversant les enveloppes de l'œuf. Le second résultat, non moins intéressant que le premier, est que des animaux à l'état embryonnaire, chez lesquels on ne distingue encore aucune trace de nerfs, éprouvent le tétanos le plus violent sous l'influence de la strychnine, tout aussi bien que les animaux adultes les plus haut placés dans la série des êtres organisés.

On ne peut dire, dans le cas précédent, que le poison agit sur les racines antérieures des nerfs rachidiens, car il faudrait en admettre la présence, et l'on ne pourrait la démontrer. Mais de même que l'on a eu le tort de placer la force musculaire dans les

nerfs moteurs, de même a-t-on pu ne pas envisager convenablement l'action des poisons tétaniques en disant qu'ils agissent sur les racines antérieures des nerfs rachidiens. Il est peut-être plus convenable de dire qu'ils agissent sur les organes auxquels se distribuent ces rameaux nerveux. Quoi qu'il en soit, l'action de la strychnine sur les embryons des batraciens simplifie cette question de physiologie, et permettra d'en tirer des conséquences plus faciles et plus sûres[1].

Sulfate de morphine. — Le 1er avril 1843, un décigramme de morphine a été dissous dans deux décilitres d'eau de Seine à l'aide de la plus petite quantité possible de sulfate hydrique. On plongea dans cette dissolution vingt œufs de grenouille et quatre jeunes têtards vivants. Après quelques instants les animaux parurent engourdis et n'exécutèrent plus que des mouvements lents, et n'ayant aucun rapport avec les convulsions produites par la strychnine. Le lendemain, quelques animaux remuaient encore lentement lorsqu'on agitait le vase qui les renfermait. Le soir du même jour ils étaient tous morts ou paraissaient l'être.

Le 9 avril les œufs sont agglomérés, leurs albumens sont opacifiés, les animaux paraissent ratatinés et resserrés sur eux-mêmes.

Cyanure hydrique. — Le 2 avril, quatre gouttes de cyanure hydrique dilué avec environ son volume d'eau, ont été introduites dans deux décilitres d'eau de Seine; on y ajouta ensuite des œufs de grenouille qui y sont éclos, mais plus lentement que dans l'eau ordinaire, et les animaux d'ailleurs paraissaient moins vifs que de coutume. Le 9 avril ils vivaient encore.

[1] Ceux qui ont placé l'origine de la force motrice d'abord dans le cerveau, puis dans le cervelet, ont évidemment commis une erreur; en comparant les cétacés, les grands ophidiens et les grands poissons avec l'homme, on voit qu'il n'y a aucun rapport entre les masses encéphaliques et celles du système musculaire. Il faut encore ajouter à cette observation, que divers animaux articulés sont dépourvus de renflements nerveux comparables au cerveau et au cervelet, et n'en exécutent pas moins des mouvements. Toutefois, si le système nerveux n'est pas l'organe producteur de la force motrice des animaux, on peut dire qu'il en est le régulateur, et qu'il sert pour en soumettre une partie à la volonté de l'animal. Les poisons tétaniques ne font peut-être, toutefois, que rompre l'accord existant entre les différentes parties du système nerveux.

Il est remarquable que les composés de morphine et de strychnine exercent sur les jeunes têtards une action analogue ou semblable à celle que ces poisons exercent sur les mammifères adultes; il ne l'est pas moins que le cyanure hydrique, employé à une dose faible, il est vrai, vu sa dilution, ne produise aucun effet bien sensible, tandis qu'il agit avec une si grande énergie sur ces derniers animaux[1].

INFLUENCE DES SELS.

Nous avons expérimenté avec des sels que l'on trouve dans la nature et qui peuvent, par conséquent, exister dans les eaux habitées par les batraciens.

Les expériences qui suivent ont été faites en avril 1843 et 1844. Des œufs de grenouille ont toujours été placés en même temps dans de l'eau de Seine pour servir de terme de comparaison.

1. *Eau des puits de Paris ou dissolution saturée de sulfate calcique.* — Le 1[er] avril 1844, des œufs de batraciens ont été introduits dans de l'eau de puits bien limpide. Le lendemain 20 avril, il y avait plus de têtards éclos dans cette eau que dans l'eau de Seine. Cependant tous les œufs ne sont point éclos, et le 9 tous les embryons étaient morts.

2. *Bicarbonate calcique.* — Des œufs de grenouille placés dans la dissolution de ce sel sont morts le lendemain. Les albumens étaient opacifiés, surtout l'externe.

3. *Chlorure sodique.* — Des œufs de grenouille placés dans de l'eau contenant 0,02 de chlorure sodique ne sont point éclos. Les œufs avaient perdu un peu de leur transparence, et le lendemain les animaux qu'ils renfermaient paraissaient engourdis. Dès ce jour

[1] Nous sommes certains que le cyanure hydrique était bien vénéneux, car il nous a servi pour empoisonner un grand nombre de couleuvres d'Esculape, lisses et à collier, que nous avons disséquées. Nous avons trouvé qu'il déterminait une altération profonde des tissus qui n'a point encore été signalée jusqu'à ce jour : il les ramollit à tel point que nous avons été obligés de renoncer à son emploi, parce que les animaux qu'il avait tués ne peuvent plus être disséqués qu'avec une difficulté extrême.

on n'apercevait plus aucun mouvement. Le 9 les animaux étaient déformés et irréguliers; l'eau n'avait aucune mauvaise odeur.

Cette expérience a été répétée le 1er avril 1844. Des œufs de grenouille ont été mis à l'air libre dans des dissolutions contenant 0,01 : 0,02 et 0,03 de sel marin. Le lendemain tous les animaux étaient morts.

Le 4 avril suivant, à 1 heure 30 minutes, on a introduit des œufs de grenouille dans de l'eau contenant 0,00166 ou $\frac{1}{600}$ de sel marin: tous les œufs sont éclos, et les têtards qui en sont sortis se portaient très-bien le 21 du même mois.

4. *Sulfate sodique.* — Le 1er avril 1844 une expérience analogue aux précédentes a été faite avec de l'eau contenant 0,01 de sulfate sodique. Les animaux sont morts le lendemain.

5. *Sulfate potassique.* — Le 2 avril 1843, des œufs de grenouille sont placés dans de l'eau contenant du sulfate potassique en quantité indéterminée. Les œufs sont éclos et les animaux périrent en 4 jours.

Le 1er avril 1844, à 3 heures de l'après-midi, des œufs de grenouille ont été introduits dans une dissolution contenant 0,01 de sulfate potassique. L'évolution a eu lieu très-lentement. Les animaux ont paru très-malades le 7; le 8, ils étaient tous morts.

6. *Azotate potassique.* — Le 2 avril 1843, des œufs de grenouille ont été placés dans une dissolution d'azotate potassique très-diluée. Les animaux qu'ils renfermaient sont morts en très-peu de temps. Le lendemain on en trouva quelques-uns d'éclos; mais ils sont tous morts.

Le 1er avril 1844 la même expérience a été répétée avec de l'eau contenant 0,01 d'azotate potassique. Le 4, les animaux étaient pliés sur eux-mêmes; ils ont eu des convulsions et sont morts le 5.

7. *Azotate sodique.* — Le même jour une autre expérience a été faite avec de l'eau contenant 0,01 d'azotate sodique; le résultat en a été le même.

8. *Sulfate magnésique.* — Le même jour encore une autre expérience a été commencée avec 0,01 de sulfate magnésique. Les

œufs s'y sont développés *plus rapidement que dans l'eau de Seine.* Les animaux qui en sont provenus se portaient encore très-bien le 21 avril, jour où l'on a arrêté l'expérience.

9. *Chlorure magnésique.* — Une expérience semblable à la précédente a été faite avec de l'eau contenant 0,01 de chlorure magnésique. Le 2 avril, les embryons étaient morts.

10. *Chlorure calcique.* — Avec de l'eau contenant 0,01 de chlorure calcique, les animaux sont très-malades; le 4 ils ont eu des convulsions; elles durèrent jusqu'au 16, où tous les animaux sont morts.

11. *Oxyde hydropotassique.*—Le 6 avril 1844, à midi 30 minutes, des œufs de grenouille ont été introduits dans de l'eau contenant 0,001 de potasse à l'alcool. Les embryons éprouvèrent de violentes convulsions dans l'œuf. Le 7 ils étaient tous morts et considérablement gonflés; ils avaient l'aspect d'une sphère noire dont le diamètre était au moins double de celui de la sphère vitelline primitive. Le lendemain la sphère était devenue blanchâtre.

Il y a eu dans cette circonstance un violent phénomène d'endosmose qui a considérablement distendu et amplifié la membrane vitelline, et qui doit être compté parmi les causes qui ont déterminé la mort des animaux.

12. *Carbonate potassique.* — Une expérience analogue à la précédente a été faite en même temps avec 0,001 de carbonate potassique. Les animaux sont morts le 18 avril, après être sortis de l'œuf; ils étaient tous repliés sur eux-mêmes.

13. *Acides dilués.* — Le phénomène d'endosmose, dont nous avions entrevu la possibilité, nous a engagés à faire usage d'acides dont l'action sur ces sortes de phénomènes est généralement différente de celle des alcalis, c'est-à-dire qu'elle détermine un courant de liquide en sens inverse.

Le même jour, 6 avril 1844, trois expériences ont été commencées à la même heure, et chacune avec 0,001 soit de chlorure, soit d'azotate, soit de sulfate hydrique.

Tous les embryons sont morts le lendemain. Les enveloppes

muqueuses des œufs placés dans l'eau chargée de chlorure et d'azotate hydriques étaient considérablement développées et devenues un peu opalines.

En employant les alcalis, l'endosmose a eu lieu au travers de la membrane vitelline; en employant les acides, elle a eu lieu dans les enveloppes de l'œuf.

RÉSUMÉ.

L'action du chlorure sodique et celle des sels en général est remarquable en ce qu'elle s'oppose au développement du têtard de la grenouille, et même qu'elle le tue d'une manière violente. Il faut faire une exception pour le sulfate magnésique qui la favorise d'une manière fort remarquable, et, l'on peut dire, bien inattendue.

CHAPITRE VI.

SUR LA CONSTITUTION DE L'ŒUF DES OISEAUX AVANT LA FÉCONDATION.

Nous traiterons, dans cette partie de notre mémoire, 1° des particularités que présentent la formation et le développement de l'œuf avant la fécondation; 2° des changements qu'il éprouve lorsque, après la fécondation, il est soumis à l'incubation naturelle; 3° des phénomènes physiologiques de l'incubation; 4° enfin de l'action des agents toxiques sur les œufs soumis à l'incubation.

Cette marche est celle que nous avons déjà suivie en traitant des changements physiques et organiques qui se passent dans l'œuf des batraciens, depuis le moment de son apparition jusqu'à la naissance du têtard; seulement nous ferons remarquer que tandis que l'œuf des grenouilles et celui des salamandres sont fécondés après la ponte, et alors qu'ils sont complétement formés, celui de la poule l'est bien avant la composition de la coque et des deux albumines fournies par l'oviducte. Cette particularité, qui établit une

sorte de lacune entre les deux périodes d'évolution que nous admettons, sera complétée par la description des changements qu'éprouve l'œuf dans l'oviducte.

Étudié dans l'ovaire, l'œuf de la poule, quelque petit qu'il soit, se montre sous la forme de vésicule à demi transparente. Afin de bien le reconnaître et de mieux l'observer, nous avons injecté les artères et les veines qui se distribuent dans l'ovaire. Voici alors ce que nous avons remarqué de particulier : les vaisseaux artériels paraissent être en petit nombre comparativement aux veines, et la matière colorante qu'ils contiennent n'a pas atteint les dernières ramifications. Le système veineux, au contraire, est des plus riches, bien pénétré d'injections et présente des troncs beaucoup plus volumineux que les divisions artérielles du même ordre (pl. III, fig. 1). Quand on pousse un liquide coloré dans les veines d'un calice contenant un œuf qui est près d'en sortir, on voit à l'instant même toute la surface de ce calice injectée (fig. 3), ce qui prouve combien les anastomoses vasculaires sont nombreuses et largement établies. Nous reviendrons bientôt sur la disposition qu'affectent les vaisseaux qui se distribuent aux calices. L'aspect de l'ovaire de la poule, à l'époque de la ponte périodique, est fort remarquable. On y rencontre des œufs à tous les degrés de développement, mais ce sont surtout les plus petits qui sont en nombre considérable. Partout les artères et les veines circonscrivent également les nombreuses capsules ovariennes, et cela d'une manière très-régulière. Cependant tous les œufs ne s'accroissent pas également. Il est aussi une autre remarque à faire, c'est que les parties les plus développées sont situées très-souvent à côté de celles qui ne le sont pas du tout. Un gros œuf se trouve presque toujours accolé à un ou à plusieurs autres qui sont beaucoup plus petits, et cette différence tient à la répartition inégale des vaisseaux ovariens dans un but physiologique, celui de la ponte successive. Dans le cas où le calice prend de l'accroissement, il détourne à son profit toute l'activité vitale; ses vaisseaux se gonflent, s'étendent, se ramifient d'une manière toute particulière et

donnent lieu à une sécrétion abondante, tandis que le tissu ovarien qui circonscrit un autre œuf situé très-près du précédent, reste stationnaire et les vaisseaux qu'il contient ne participent pas à la même turgescence. Cette répartition d'activité formatrice, qui établit une gradation dans le développement successif des œufs, était bien nécessaire, tant pour éviter un volume trop considérable de l'ovaire, que pour permettre à l'oviducte la possibilité d'achever successivement la composition de chaque œuf. Ainsi donc, suivant les saisons et le mode de nutrition, la poule reçoit du dehors un stimulus qui est propre à faciliter le développement d'un certain nombre d'œufs. Les autres attendent de nouvelles conditions favorables pour leur accroissement ultérieur. D'après cela l'ovaire de la poule se prête convenablement à l'étude des changements physiques que nous avons à faire connaître.

Sans vouloir parler ici des nerfs et des vaisseaux lymphatiques qui entrent dans la composition de l'ovaire, nous dirons seulement que les artères et les veines, unies et maintenues en rapport entre elles par du tissu cellulaire et le péritoine, constituent l'organe sécréteur de l'œuf. Cet œuf apparaît, comme nous l'avons déjà dit, dans le tissu de l'ovaire, sous forme de vésicules à demi transparentes (voy. pl. III, fig. 1); il est entouré de vaisseaux disposés le plus souvent en pentagone, comme cela s'observe pour les œufs de salamandres et de grenouilles. A mesure que la substance vitelline s'accumule dans l'œuf, de petits corps sphériques de plus en plus prononcés font saillie sur la surface de l'ovaire. Alors le calice se développe, les vaisseaux nombreux de ces parois prennent un volume énorme; les dernières ramifications se portent vers les parties qui s'éloignent le plus du pédicule du calice, pour se rendre dans une espèce de sinus longitudinal situé de chaque côté d'une demi-zone blanchâtre nommée *stigma*. Cette partie du calice ne serait point vasculaire d'après la plupart des auteurs; pourtant nous avons vu et figuré (pl. III, fig. 2) les radicules veineuses qui se détachent de chaque sinus

du stigma et qui vont les unes à la rencontre des autres. A la vérité ces radicules vasculaires ne s'anastomosent pas entre elles d'une manière visible, mais il suffit de voir l'injection dans ces veinules pour se rendre compte des communications qui doivent exister entre elles. Il en est de ces vaisseaux du stigma comme de ceux de la conjonctive oculaire, qui semblent s'arrêter sur le pourtour de la cornée transparente, bien qu'en réalité ils se continuent sur elle, ainsi que le prouve la coloration en rouge des vaisseaux de la conjonctive oculaire dans certaines ophthalmies chroniques. Quoi qu'il en soit, du reste, de ce fait, toujours est-il que le stigma devient le point du calice où s'établit l'ouverture naturelle pour le passage de l'œuf. Chez les batraciens que nous avons étudiés, les choses ne semblent pas se passer tout à fait ainsi, puisque, comme nous l'avons dit, les vaisseaux des sacs ovariens forment autour du calice, très-fin chez ces animaux, un réseau non interrompu. Il est vrai de dire cependant que cette communication vasculaire, très-fine, ne s'observe que quand l'injection a parfaitement réussi; ce qui n'infirmerait pas d'une manière absolue la présence d'un véritable stigma analogue à celui de la poule. Nous insistons sur ce fait anatomique parce qu'il rend compte de la sortie de l'œuf du calice sans qu'il y ait épanchement de sang dans la cavité péritonéale. En revenant actuellement sur ce que nous disions tout à l'heure du calice chez la poule, nous voyons qu'à mesure que l'œuf se développe, les parois de la capsule qui le contient et qui fournit les matériaux nécessaires à son accroissement s'épaississent de plus en plus, excepté vers le point qui correspond au stigma. On dirait que cette partie subit, par rapport aux autres points du calice, les mêmes phases que le col utérin éprouve pendant la durée de la gestation. Dans l'un comme dans l'autre cas, en effet, l'hypertrophie porte sur le point formateur ou nutritif de l'organe, et l'atrophie sur celui qui doit favoriser l'expulsion du produit sécrété ou du produit qui est en incubation. Indépendamment de cette analogie, l'ovaire serait l'utérus *primitif* ou *de formation* et la cavité utérine ou l'oviducte, l'utérus

complémentaire; le premier élabore et achève la formation de l'œuf chez la plupart des animaux; le second ne sert qu'à son développement ultérieur et à la formation de ses parties accessoires, chez plusieurs classes de vertébrés.

L'utérus primitif est constant, invariablement le même sous diverses formes; l'utérus complémentaire, au contraire, qui n'est chez les mammifères qu'un appendice de l'oviducte, se dégrade très-promptement dans cette même classe, puisque nous le voyons se modifier rapidement en passant de l'homme et du singe aux rongeurs, aux ruminants, etc. Sa dégradation en un simple canal oviducte pour les oiseaux, les amphibiens, la plupart des poissons, etc. va jusqu'au point de l'annihiler, dans cette dernière classe, chez les lamproies et les myxinées, surtout, où il est remplacé par la cavité abdominale, faisant alors les fonctions d'oviducte. D'après ce qui précède, l'ovaire, organe indispensable de la reproduction, accouche, si l'on peut se servir de cette expression, d'un œuf, qui, dans la plus grande généralité des cas, est complet, c'est-à-dire apte à être fécondé et à servir seul d'élément essentiel au nouvel être; tandis que l'utérus ou l'oviducte, organe accessoire de l'appareil reproducteur, fournit à l'œuf de nouveaux éléments utiles, et lui sert quelquefois de lieu d'incubation.

Tout ce qui précède a rapport aux changements physiques qu'on peut observer au dehors de l'ovaire et sur les calices.

Voyons actuellement de quelle manière se comporte le système vasculaire dans ses dernières divisions capillaires, et surtout comment l'œuf se constitue.

En procédant du dehors au dedans pour l'étude des vaisseaux, nous voyons (pl. III, fig. 3) que les troncs artériels et veineux sont tellement adhérents au péritoine, au moyen du tissu cellulaire, qu'il est impossible d'enlever cette membrane séreuse sans détacher en même temps les troncs vasculaires. Ceux-ci forment un réseau à larges mailles et très-superficiel, qui entoure tout le calice. Chaque branche fournit ensuite des ramuscules innom-

brables qui constituent une seconde couche épaisse de vaisseaux dont la disposition interne est fort remarquable. Pour l'observer, il faut prendre un calice déjà bien développé, le fendre, en extraire l'œuf et l'examiner sous l'eau à un grossissement de 15 à 20 diamètres. On voit alors (pl. III, fig. 4) que toute sa face interne, qui semble lisse à l'œil nu, est parsemée de *petites étoiles* détachées du fond et situées très-près les unes des autres; que celles-ci sont formées par des vaisseaux qui s'irradient du centre à la circonférence, et qu'il n'y a jamais d'anastomoses entre les capillaires de chaque étoile. Cette disposition rappelle, d'une manière frappante, celle des taches vasculaires qu'on remarque sur la peau du poulpe parmi les mollusques céphalopodes. Mais tandis qu'ici les taches stelliformes sont formées par des vaisseaux cutanés qui tous s'abouchent entre eux, celles du calice, chez la poule, restent indépendantes les unes des autres et sont surmontées d'un pédicule, absolument comme le sont certains champignons sur leur tige. On acquiert la certitude de ce fait en plaçant, comme nous l'avons dit plus haut, la pièce qu'on observe sous une couche de liquide et en touchant légèrement avec une aiguille le pourtour radié des petites étoiles. Par ce moyen fort simple, on peut s'assurer également qu'elles sont toutes soutenues par un pédicule vasculaire (voy. fig. 5 et 6) qui s'épanouit à la manière des branchies de certains annélides, ou, plus exactement encore, comme les villosités du chorion de l'œuf chez la jument.

D'après cela, la paroi interne du calice, chez la poule, offre une surface hérissée de vaisseaux, une *cavité villeuse*, cavité où est déposé le premier élément formateur de l'œuf par suite d'une véritable sécrétion et non, comme quelques anatomistes le croient, à l'aide d'un bourgeonnement de la cellule ovarienne. Mais de quelle nature cet élément est-il?

Nous avons déjà dit que les plus petits œufs, qui apparaissent dans le tissu de l'ovaire, sont formés d'une vésicule à demi transparente. Quand on les examine à un fort grossissement, on distingue dans leur cavité quelques granulations vitellines qui sont placées

sur un point seulement de sa périphérie. A cette époque, toutefois, il est très-difficile d'isoler complétement un œuf de l'ovaire; ce qui empêche de connaître, d'une manière bien exacte, sa constitution. Un peu plus tard, ce même œuf, bien qu'emprisonné par le tissu de l'ovaire, peut plus facilement en être isolé, et représente, lorsqu'il est écrasé entre deux lames de verre, une tache jaunâtre qui est composée de grains vitellins, de taches huileuses et de quelques vésicules simples ou à noyaux. Lorsque les œufs ont atteint le volume d'un grain de millet, ils présentent toujours un côté de la sphère transparente et l'autre opaque et d'une couleur jaunâtre. En examinant attentivement alors le centre de cette dernière, on y aperçoit un point assez clair qui semble toucher la membrane vitelline. A un grossissement de 110 diamètres, on peut distinguer les grains vitellins disposés en disques autour d'une petite vésicule, qui est la sphère germinative.

On réussit assez souvent, à l'aide d'aiguilles, à déchirer la membrane vitelline et à en faire sortir la vésicule germinative intacte. Elle est un peu plus petite que celle qu'on trouve chez les batraciens, mais elle n'en diffère pas, du reste, quant à sa composition. Elle a l'aspect d'une bulle de savon, dans laquelle on aperçoit des vésicules simples, sans aucune tache ni noyau central. Lorsqu'on peut réunir plusieurs vésicules germinatives sur une plaque en verre et qu'on les rompt, la partie où elles étaient déposées est marquée par une gouttelette de liquide transparent. Examinée à un fort grossissement, cette liqueur transparente ne présente plus la moindre trace de vésicules. Même chose nous est arrivée quand nous avons voulu connaître, à l'aide du microscope, la nature du liquide contenu dans la vésicule germinative prise sur des grenouilles ou des salamandres. Mais, dans l'un comme dans l'autre cas, lorsque nous avons eu recours à la dissolution aqueuse de baryte, il nous a été possible de constater la présence de globules analogues à ceux que l'on obtient en mettant en contact l'albumine liquide avec la baryte.

A mesure que l'œuf grossit, le vitellus remplit toute la cavité

que circonscrit la membrane vitelline. Si, à cette période du développement, on cherche le point où est placée la vésicule germinative, on la trouve au centre de la tache blanchâtre qui constitue la cicatricule embryonnaire ou le disque prolifère déjà apparent sur le jaune. Nous avons, à cette même époque du développement, recherché sur un grand nombre d'œufs quels sont les rapports qui existent entre la membrane vitelline et la vésicule germinative, et voici, à cet égard, ce que nous avons pu constater. Lorsqu'on parvient à déchirer l'enveloppe du vitellus, il s'en échappe une certaine quantité de granulations vitellines, mais on ne voit plus parmi elles la vésicule germinative. Celle-ci reste appliquée à la face interne de la membrane vitelline dans le disque prolifère formé de l'agglomération de sphères huileuses et de grains vitellins unis entre eux par une substance visqueuse. Indépendamment du disque, on remarque une couche granuleuse qui se continue avec lui sous forme de membrane pour revêtir petit à petit toute la face interne de la membrane vitelline. C'est à cette couche que l'on a donné à tort, suivant nous, la dénomination de membrane et de vésicule blastodermique. Le blastoderme, d'après son étymologie, doit indiquer le rudiment du germe; or, ce rudiment ne dépasse pas la cicatricule ou le disque prolifère, puisque c'est là que la vésicule germinative ou son contenu, invariablement fixé, ébauche le nouvel être. Sans doute que plus tard on verra entrer en ligne de compte, pour la formation du poulet, d'autres éléments du jaune, ceux surtout qui sont disposés en une couche membraneuse à la périphérie du vitellus; mais ces parties-là ne constituent pas l'état primitif du germe, le point de départ de l'embryon chez la poule, ainsi que le veut M. Coste. Tout le vitellus périphérique, qu'il désigne sous le nom de *blaste*, n'est pas, en effet, le rudiment du poulet, puisque le jaune est en excès pour la formation des organes.

Cet excès de matière organique ne semble pas avoir lieu chez les batraciens, ce qui justifie la dénomination de germe donnée par M. Rusconi à l'œuf tout entier. Cependant la différence ici

n'est qu'apparente, puisque nous avons vu que le point de départ de la formation du têtard correspond à la vésicule germinative, et que le jaune, quoique renfermé dans le tube intestinal, n'en est pas moins en excès pour la formation des organes, car il devient alors substance alimentaire seulement.

D'après cela et pour ne point établir dans le langage ovologique une confusion préjudiciable à la science, nous désignerons par le mot *blastoderme* la seule partie qui se trouve circonscrite par le disque prolifère.

A une époque plus avancée du développement de l'œuf, et lorsqu'il a acquis les conditions essentielles pour l'acte de la fécondation, le calice s'ouvre par son stigma et l'abandonne. Le plus ordinairement alors le pavillon de l'oviducte le saisit au moment même où il est expulsé de l'ovaire, mais il arrive quelquefois que l'œuf tombe dans la cavité péritonéale. Dans ce cas, nous l'avons trouvé, une fois, entier et recouvert d'une exsudation blanchâtre peu épaisse, et dans un autre cas rompu, en partie vide, et la membrane vitelline, tapissée par une couche visqueuse, fortement enroulée sur elle-même. Ces œufs, ainsi échappés au conduit oviducte, sont promptement détruits et résorbés dans la cavité péritonéale sans qu'ils déterminent d'accidents inflammatoires bien notables. Le fait de la déviation des œufs de leur marche naturelle et le fait positif de leur décomposition rapide dans le lieu anormal où ils arrivent, méritent de fixer toute notre attention. C'est surtout au point de vue de la fécondation que cela offre de l'intérêt; en effet, on est encore aujourd'hui peu d'accord sur le point où s'effectue la rencontre de l'œuf avec les spermatozoïdes, et, bien qu'on ait voulu établir, par des raisons que nous avons déjà fait connaître en discutant la valeur du mot *ovule*, que la fécondation doit s'opérer dans la trompe, ou, ce qui est la même chose, dans l'oviducte, le fait n'est pas encore démontré d'une manière positive pour les ovo-vivipares surtout. Quant aux grossesses extra-utérines, chez les mammifères, on a cherché à les expliquer, en supposant que l'œuf déjà engagé dans

la trompe, où il serait fécondé, revient sur ses pas lorsque ce canal lui présente un obstacle quelconque et se fixe alors sur l'ovaire ou tombe dans la cavité abdominale pour se greffer sur un autre point et se développer. Mais, en acceptant même cette supposition du reflux de l'œuf, on ne saurait nier que les spermatozoïdes peuvent arriver jusqu'à l'ovaire, quand on voit surtout que chez la blennie vivipare, par exemple, les œufs sont fécondés et se développent normalement dans cet organe.

D'après ce qui précède, il resterait à établir quelles sont les conditions anatomiques indispensables à l'œuf pour qu'il soit apte à être fécondé; le point où s'effectue chez les vertébrés l'acte fécondant, et à quels signes physiques on peut reconnaître l'œuf qui est fécondable. Or, la science ne possède pas, à cet égard, des données positives suffisantes; aussi il nous est difficile d'apprécier toutes les conditions anatomiques qui favorisent l'acte physiologique de la fécondation dans les diverses classes de vertébrés.

De nouvelles recherches sont donc nécessaires dans le but d'établir anatomiquement, si cela est possible, le *degré* de maturité de l'œuf qui le rend fécondable.

L'œuf qui s'engage dans l'oviducte se compose de la membrane vitelline, du vitellus, de la vésicule germinative et du disque prolifère qui l'entoure. Les grains vitellins ne présentent aucune particularité notable à cette époque du développement. Sa couche périphérique, qui se continue avec le blastoderme, paraît plus résistante, et pourtant elle est loin de constituer alors une véritable membrane. En examinant, à l'aide d'un fort grossissement, tout le disque qui adhère à la membrane vitelline, on distingue nettement les vésicules huileuses serrées les unes contre les autres et comme superposées. Pour bien connaître leurs rapports avec la vésicule germinative, nous avons placé de l'albumine liquide, d'un œuf frais, sur le porte-objet, et cela de manière à ce que la préparation en fût recouverte. Alors, à l'aide d'aiguilles mousses, nous avons cherché à soulever les grains vitellins et les vésicules

huileuses, et c'est par plaques (voy. pl. III, fig. 10) que ces parties vitellines se sont successivement enlevées jusqu'au point de contact avec la sphère germinative. Ces diverses espèces de calottes (voyez fig. 10), ainsi superposées, à l'endroit de la cicatricule, sont évidemment composées de grains vitellins et de taches huileuses disposées en vésicules aplaties toutes serrées les unes contre les autres. A l'endroit où le pourtour de la calotte vitelline la plus grande, et par conséquent la plus éloignée de la vésicule germinative, se fixe sur la membrane vitelline, on voit un cercle transparent (voy. fig. 7) qui est concentrique à celui que forme la sphère germinative. Ce cercle résulte de la couche périphérique du vitellus, qui adhère sur toute la face interne de la membrane vitelline, excepté au point où se trouve la cicatricule. Le disque prolifère est alors circonscrit d'une manière plus précise qu'aux autres périodes du développement de l'œuf. Après avoir dégagé la vésicule germinative des diverses couches de substance vitelline, on la voit flotter dans le liquide albumineux qu'on a placé sur le porte-objet; sa place est marquée sur la membrane vitelline restée transparente à l'endroit qui lui correspondait. Une fois que la sphère germinative se trouve isolée, on peut l'étudier d'une manière convenable et pendant tout le temps nécessaire. Les choses ne se passeraient pas ainsi pourtant, si, au lieu du liquide albumineux, on employait l'eau distillée; dans ce cas, les parties qu'on observe deviennent promptement opaques, ce qui n'arrive jamais en employant le procédé que nous indiquons.

La transparence de la sphère germinative et de l'albumine liquide dans laquelle on la plonge permet d'employer un fort grossissement, à l'aide duquel on voit qu'il y a dans la vésicule germinative un grand nombre de petites sphères transparentes représentant autant de petites bulles de savon.

Toutes ces vésicules (voy. pl. III, fig. 11) paraissent simples, c'est-à-dire sans noyau central. Par leur arrangement particulier sur un point quelconque de la sphère vitelline, elles constituent la tache de Wagner. Il est facile de s'assurer que celle-ci est le

résultat de la réunion et de l'adossement de plusieurs vésicules entre elles et non pas une partie distincte et essentielle de l'œuf chez les différents animaux.

Avant de décrire les changements que l'œuf va subir dans l'oviducte, nous devons dire ici ce qui se passe du côté du calice après la sortie de l'œuf ou la ponte primitive. Si l'on examine alors les divers calices qui viennent de se vider, on en trouve qui sont encore béants, d'autres dont les bords du stigma se sont rapprochés et soudés entre eux. Sur ces derniers, il est facile d'écarter les lèvres du stigma et de voir qu'une substance blanchâtre lubrifie la cavité du calice (voy. pl. III, fig. 8). En examinant cette substance au microscope, on la trouve formée de globules excessivement petits, qui ont la disposition et le volume de ceux que l'on voit dans l'albumine liquide à l'aide de la baryte (voy. fig. 9). Nous avons aussi examiné comparativement le mucus sécrété par l'oviducte, mais rien de semblable n'a été observé.

Cette substance blanchâtre et visqueuse du calice serait-elle le produit de sa sécrétion, et cette sécrétion n'aurait-elle pas de l'analogie avec celle qui constitue l'œuf? Nous sommes d'autant plus disposés à le croire, que dans le principe de la formation de l'œuf, et avant que le jaune apparaisse, c'est cette substance globuleuse qu'on retrouve dans les sphères vitelline et germinative. Il y aurait d'après cela une continuation d'action du côté de l'ovaire, qui tendrait à reproduire l'œuf; mais bientôt, le calice ne recevant plus le fluide sanguin en aussi grande abondance, l'action sécrétante cesse, les parois du calice se flétrissent et les villosités de sa surface interne s'effacent complétement peu d'heures après la sortie de l'œuf. Les vaisseaux qui rampent sur ses parois diminuent notablement de calibre aussitôt la ponte terminée, et tout le riche appareil vasculaire qui entrait dans la composition du calice s'efface promptement. Le résultat de ce fait est l'atrophie pure et simple du calice, qui ne disparaît jamais entièrement, comme on l'a dit, par suite d'une sorte de résorption. On reconnaît, en effet, sur une grappe ovarienne de la poule, des parties

brunes ou grisâtres, assez molles, qui correspondent aux calices flétris et qui sont destinées à devenir plus tard le siége d'un afflux vital nouveau. Cet afflux vital aurait encore pour résultat de déterminer la turgescence des villosités du calice et de déposer les matériaux nécessaires à la composition d'un autre œuf.

Nous devons actuellement nous occuper des changements que l'œuf subit dans l'oviducte, et, comme nous supposons que c'est à son arrivée dans ce tube que s'opèrent les premières modifications qui sont dues à la fécondation, nous étudierons dans le chapitre suivant le produit ovarien au moment où il sort du calice.

CHAPITRE VII.

SUR LA CONSTITUTION DE L'ŒUF DES OISEAUX APRÈS LA FÉCONDATION.

Nous avons examiné, dans le précédent chapitre, la structure de l'ovaire chez la poule, le mode de formation ou le premier degré de développement de l'œuf, sa constitution aux diverses phases de son accroissement, surtout pour ce qui est relatif aux globules vitellins et à la sphère germinative. Maintenant nous devons étudier ce même œuf à partir du moment de la fécondation jusqu'à l'éclosion du poulet, et même au delà de ce terme, puisque le vitellus continue à fournir des matériaux nécessaires à son développement jusqu'au quatorzième jour après la naissance.

Nous avons dit que l'œuf, composé de la membrane vitelline, du vitellus, de la membrane germinative et des globules ou vésicules qu'elle contient, rompt son calice à l'endroit qui est marqué par la raie blanchâtre, le stigma, et quitte ainsi l'ovaire. A ce moment, il rencontre l'oviducte, s'engage dans son pavillon, puis dans la première portion du tube ovarien, où il trouve une grande quantité d'albumine, sécrétée par la muqueuse, et s'en enveloppe. Cette première couche d'albumine se concrète en membrane, et à mesure que l'œuf, poussé par les contractions du tube musculeux qui le contient, avance en tournant sur son axe, cette membrane albumineuse se tord aux deux bouts et forme les chalazes.

Pendant que l'œuf parcourt ainsi l'oviducte, il y rencontre de nouveaux produits albumineux, s'en recouvre encore et augmente de volume jusqu'à ce que, muni de tout le blanc ou albumen proprement dit, il arrive au point rétréci de l'oviducte, nommé *isthme*. Là, la membrane muqueuse du canal ovarien se trouve interrompue par une ligne circulaire dépourvue de plicatures; ce changement de structure semble indiquer une limite fonctionnelle. En effet, tout ce qui est au delà sécrète des filaments déliés qui se tissent en membrane et s'appliquent sur l'œuf à mesure qu'il chemine dans cette nouvelle portion de l'oviducte. C'est ce tissu qui constitue le feuillet albumineux d'une part et le feuillet interne de la coque de l'autre. Entre ces deux membranes, et seulement du côté correspondant au gros bout de l'œuf, s'accumulera plus tard, et après la ponte, une certaine quantité d'air. Nous disons à dessein que l'air ne pénètre entre les deux membranes qu'*après la sortie de l'œuf*, pour montrer que notre manière de voir à cet égard diffère de celle admise généralement, à savoir qu'une bulle d'air arrivée du dehors se place entre les deux feuillets de la chambre à air au moment même où ces feuillets sont formés dans l'oviducte. Il est facile, du reste, de s'assurer qu'il n'y a pas le moindre gaz dans l'œuf non pondu, en l'ouvrant sous l'eau. Par ce procédé, en effet, on voit qu'aucun globule d'air ne vient à la surface du liquide dans lequel on expérimente. Indépendamment des deux membranes à tissu filamenteux, la dernière portion de l'oviducte fournit à l'œuf le dépôt calcaire, qui se solidifie assez promptement, et, de plus, une couche épidermoïque, qui contient la substance colorante qu'on remarque sur la coque.

Ainsi, l'œuf primitif, c'est-à-dire l'œuf au sortir de l'ovaire et possédant les parties indispensables à la formation du nouvel être, la sphère germinative et la sphère vitelline, se complète dans l'oviducte au moyen d'une enveloppe membraneuse épaisse qui constitue les chalazes; par la couche de l'albumen, revêtue d'une pellicule fine et transparente; puis, par deux membranes à tissu filamenteux; enfin, par la coque et son épiderme. Nous

nommerons la première enveloppe, accessoire de l'œuf, *membrane des chalazes;* la seconde, *membrane de l'albumen;* les deux autres, *membranes interne et externe de la chambre à air;* la substance calcaire solide, *coque*, et la matière colorante, diversement déposée à sa surface, *membrane épidermoïde.*

L'importance de toutes ces parties accessoires de l'œuf, tant au point de vue anatomique qu'au point de vue physiologique, sera exposée plus tard, à l'occasion des phénomènes respiratoires du poulet pendant l'incubation. Nous dirons seulement ici que la coque est traversée par un grand nombre de pores dans lesquels s'engagent de petits prolongements provenant de l'épiderme de l'œuf. Toutes les expériences que nous avons tentées pour nous assurer si ses pédicules épidermoïdes sont creux ou pleins ne sont pas assez concluantes pour que nous nous prononcions définitivement à cet égard. Les portions d'épiderme enlevées de la surface calcaire au moyen des acides, et étalées sur une plaque de verre, ne nous ont point permis de retrouver les orifices distincts.

Pendant que les parties accessoires de l'œuf se forment très-rapidement autour de lui, dans l'oviducte, la fécondation s'est opérée et a déjà modifié la composition de ses parties essentielles. La vésicule germinative, visible jusque-là, disparaît, après cet acte vital, du point qu'elle occupait. On admet généralement que sa rupture a lieu à l'instant même où le fluide fécondant du mâle l'approche, et que ce premier phénomène est le même que celui qu'on observe dans les plantes au moment où le pollen est déposé sur la membrane de l'ovaire. Nous avions pensé d'abord, d'après ce qui se passe dans l'œuf des batraciens, que la vésicule germinative se laissait déprimer graduellement par suite de l'accumulation des grains vitellins, et qu'elle s'affaissait entièrement en s'accolant à la membrane vitelline; mais si la chose est possible dans le premier cas, elle peut bien ne pas l'être ici. La formation d'un disque qui s'établit de très-bonne heure, dans l'œuf de la poule, autour de la vésicule germinative, et les diverses couches

de vitellus dont il se compose protégent tellement cette vésicule, qu'on ne saurait admettre son aplatissement. Du reste, que ce fait ait lieu ou non, c'est toujours le contenu de la vésicule germinative qui paraît être le point de départ de la formation embryonnaire. Or, ce contenu se porte constamment vers la périphérie de l'œuf, comme pour se rapprocher, par ce mouvement, de l'élément fécondant. Si les choses se passent ainsi, le contact de l'œuf avec les spermatozoïdes doit s'effectuer dans la première portion de l'oviducte si ce n'est avant. Ce qu'il y a de bien certain, c'est que les œufs qu'on retire de l'oviducte n'ont plus la vésicule germinative intacte. On admet alors que de cette rupture résulte la formation d'un feuillet séreux, mince et transparent (membrane germinative) ; que ce feuillet est le point de départ du développement de l'embryon; qu'il s'établit, indépendamment de cela, un feuillet dit muqueux, propre à la formation des viscères; et qu'enfin on voit apparaître, au moment de la formation des vaisseaux, une troisième membrane vasculaire interposée entre les deux précédentes. Sans vouloir ici rien faire préjuger de tous ces faits, nous dirons seulement que, pour nous, les choses ne se passent pas, dans l'origine, d'une manière aussi nette et aussi précise. Rien n'est plus arbitrairement défini que les petits objets; et quand on songe à l'étendue de la cicatricule prolifère dans le principe, on se demande s'il est réellement possible d'y reconnaître trois feuillets distincts, de constater l'enroulement de celui-là pour la formation des organes digestifs, le déplissement d'un autre pour conduire la trame vasculaire partout, enfin si l'on peut apprécier à cette époque l'épaississement du troisième, destiné aux systèmes nerveux, musculaire, etc. Il est bien entendu que notre observation ne porte que sur le temps du développement, où il est véritablement impossible de constater, le scalpel à la main, des organes à peine formés. En admettant que la vésicule germinative se rompe au moment de la fécondation, il en résultera alors que les parties qu'elle renfermait seront versées dans la chambre du disque prolifère, et que ce contenu ébauchera le petit

embryon sans qu'on puisse affirmer positivement quel est le système ou l'appareil organique qui précède l'autre dans la composition de l'être. Mais toutes ces questions importantes à résoudre nous détourneraient trop du but principal, qui est de faire connaître les modifications des parties constituant ou devant constituer les organes, plutôt que d'indiquer leur ordre d'apparition.

Voyons actuellement ce qui se passe dans l'œuf fécondé au moment où le système vasculaire va devenir visible. Indépendamment alors du sillonnement médiat qu'on remarque sur le point central de la cicatricule, on aperçoit (pl. V, fig. 1) un grand nombre de vésicules huileuses placées les unes contre les autres, et formant autour de l'aire transparente un large cercle. Vers la 42ᵉ heure, et sur un œuf de poule couvé naturellement en août 1845, nous avons vu que les vésicules graisseuses du disque prolifère, actuellement très-développé, forment une couche régulière dans une étendue assez considérable, qui limite l'aire transparente en lui donnant le contour d'une guitare. A 52 heures, un autre œuf, pris sous la même poule, nous a montré au centre de l'aire transparente toute la partie dorsale du poulet futur. La région céphalique est renflée, assez transparente pour laisser voir les cordons primitifs de la moelle épinière, déjà adossés en bas vers la région caudale, mais encore écartés en haut quoique continus, et constituant une figure triangulaire qu'on peut fort bien comparer à une tête de clef ordinaire (voy. fig. 1). Entre les renflements céphalique et caudal, on voit, sur la région spinale, les noyaux des vertèbres indiqués d'une manière fort régulière par de petits points opaques espacés de chaque côté de la moelle épinière, et séparés entre eux par des intervalles transparents. Toute la surface de l'aire translucide, examinée à la loupe, paraît granuleuse. Ces granulations, vues à un plus fort grossissement, représentent d'innombrables globules, qui sont d'autant plus petits qu'ils se rapprochent plus de l'axe de l'embryon. On aperçoit également ces globules sur les points non transparents du disque prolifère, et là où sont les vésicules grais-

seuses si régulièrement adossées les unes aux autres. Ces petits globules transparents, et les vésicules huileuses, *sont bien évidemment renfermées dans un double feuillet du blastoderme.* C'est entre ces feuillets, et par conséquent dans le même lieu où se trouvent logés les globules et les vésicules, que se forme le fluide sanguin. Celui-ci apparaît d'abord sous forme de petites bulles savonneuses, presque sphériques, à peine colorées, et légèrement opaques au centre; puis, un peu plus tard, à l'époque dont nous parlons, les vésicules sanguines contiennent déjà un noyau central qui lui donne la couleur rouge clair. Ces globules du sang semblent augmenter en nombre à mesure que les vésicules huileuses et les grains globuleux très-fins diminuent, en sorte que l'on serait tenté de croire que ces derniers entrent directement dans la composition des premiers. Du reste, c'est par la métamorphose successive des éléments granuleux et globulaires, et à l'aide des transformations chimiques de ces mêmes éléments, que nous voyons l'organisme se développer. Il n'est donc pas surprenant de voir que là où la vie commence, les éléments primitifs de l'œuf se modifient en organes d'hématose. Le passage d'un état moléculaire à un autre est à la vérité insaisissable pour l'œil de l'observateur; mais il n'existe pas moins pour cela : aussi nous ne rechercherons pas une autre théorie de la formation des globules du sang. Nous savons bien qu'on a invoqué celle d'une sécrétion qui s'effectuerait dans la membrane même de l'aire vasculaire; mais ce n'est là qu'une simple supposition. Quelle que soit au surplus la manière d'envisager le phénomène de la formation des globules du sang, toujours est-il que, vers la 48^{e} ou 50^{e} heure de l'incubation, ils sont visibles et faciles à distinguer des autres parties de l'œuf. Si dans ces circonstances on place le disque prolifère sur une plaque en verre et qu'on ait le soin d'y faire arriver de temps en temps une goutte d'eau tiède, on voit, à l'aide d'un grossissement de 20 diamètres environ, que tous les globules du sang se meuvent irrégulièrement, qu'ils cherchent à se frayer un passage au travers des globules huileux,

et que bien évidemment les vaisseaux n'existent pas alors. Ce n'est que plus tard, et lorsque le trajet des globules du sang est bien établi, que les parois vasculaires se constituent pour servir de limite au fluide sanguin. Ici donc, comme chez la salamandre, dont nous avons fait connaître la formation des branchies, le sang se fraye d'abord un réseau vasculaire dans les tissus organiques, et ce n'est qu'après, que ces mêmes tissus participent à la formation du système vasculaire.

Comme ce système fort important de l'économie est celui qui semble destiné à modifier tous les autres, et qu'il est propre, par conséquent, à déterminer des changements remarquables dans la composition des parties élémentaires des organes, nous allons d'abord indiquer avec soin la circulation vitelline, puis la circulation allantoïdienne. Il sera facile alors de bien établir leur corrélation, leur but, leur marche isolée ou parallèle, et leur utilité. Tout cela, pourtant, ne saurait se faire d'une manière précise sans la connaissance exacte de la disposition des enveloppes embryonnaires; aussi examinerons-nous avec beaucoup de soin cette partie importante de l'ovologie encore mal déterminée, suivant nous, malgré les travaux remarquables d'un grand nombre d'anatomistes, et ceux de Baer en particulier.

Pour bien juger de l'ensemble de la circulation vitelline, et pour en avoir une idée précise, il faut préalablement enlever avec précaution la membrane propre du jaune ou vitelline, qui correspond à l'aire vasculaire, la mettre avec celle-ci dans un vase contenant de l'eau tiède pour la laver convenablement et la placer ensuite sur une plaque de verre, du côté externe. En déposant alors de temps en temps une goutte d'eau tiède sur la préparation, on entretient pendant plus d'une heure les contractions du cœur, ce qui permet de bien juger le parcours du sang, d'étudier la structure capillaire des vaisseaux, et jusqu'à la contexture du cœur, tant que ses parois restent minces et transparentes. Mais si par ce procédé très-simple on parvient à bien voir les choses, il n'est pas indifférent de prendre pour cette étude le premier degré

venu du développement vasculaire, puisque la circulation vitelline se modifie d'une manière très-notable après le troisième jour de l'incubation.

Il est donc nécessaire d'établir une division physiologique qui puisse faire connaître les diverses phases de la métamorphose circulatoire chez le poulet. Pour cela, il suffit de voir et d'observer ce qui se passe dans l'œuf depuis le moment de son imprégnation jusqu'au développement complet du poulet. En effet, le blastoderme ne devient vasculaire et ne peut se développer que tout autant qu'il se trouve en contact avec l'oxygène de l'air. Le sang ne se colore pas s'il est privé de l'élément respirable, il devient au contraire d'un rouge artériel très-vif quand l'incubation marche régulièrement. Or, la surface vasculaire, qui est limitée par la veine primigéniale, et qui est dirigée du côté de la chambre à air de l'œuf, se trouve par cela même en contact avec l'oxygène, et ce contact modifie le sang à l'instar des poumons. Les phénomènes d'imbibition ou d'endosmose remplaceraient ensuite la fonction des chylifères. Cette première circulation vitelline constitue donc un appareil destiné à l'hématose, et à la nutrition en même temps. Elle se modifie très-rapidement par la disparition de troncs veineux importants, et cela au moment où l'allantoïde apparaît : en sorte qu'il est bien important d'indiquer les deux phases de cette première métamorphose circulatoire, en désignant la première sous le nom de *circulation primitive du vitellus*, et la seconde sous le nom de *circulation permanente du vitellus*. Quant aux autres transitions par où passe la circulation du poulet, on peut les désigner par les dénominations de *circulation allantoïdienne* et de *circulation définitive*. Nous allons actuellement étudier ces quatre phases diverses, qui constituent les métamorphoses de la circulation du sang chez les oiseaux.

DE LA CIRCULATION PRIMITIVE DU VITELLUS.

Cette circulation comprend tout le réseau vasculaire qui se trouve limité par un gros vaisseau disposé en cercle (voy. pl. IV, fig. 1). On a donné à ce gros vaisseau circulaire le nom de *veine primigéniale*, et à l'ensemble du système sanguin primitif celui d'*aire vasculaire*. Nous avons représenté ce premier temps de la circulation du sang chez le poulet au moment où elle a acquis son plus grand degré de développement.

L'œuf qui a servi pour le dessin, que nous avons beaucoup grossi, a été pris sous une poule, le 3 juillet, après soixante et douze heures d'incubation et par une température qui a varié de 20 à 23° centigr.

L'aire vasculaire est d'un rouge vif, les pulsations du cœur varient entre 104 et 108 par minute, et le cours du sang dans les vaisseaux est trop rapide pour qu'on puisse bien juger de ce qui se passe alors relativement aux divers courants. Après quelques instants d'observation, le nombre des pulsations diminue notablement, et ce n'est que quand on n'en compte plus que 45 à 50 par minute qu'on distingue, non-seulement la direction que prend le sang dans les vaisseaux, mais les globules eux-mêmes. Il est facile alors de suivre la marche du sang partout où il passe et d'avoir une idée très-exacte de la première circulation.

La veine primigéniale est irrégulièrement tracée; sa circonférence offre des renflements de distance en distance, à la suite desquels on remarque quelquefois une espèce de collet ou d'étranglement du vaisseau; on le voit aussi décrire, dans son trajet, des angles plus ou moins rentrants. Le pourtour extérieur de cette veine principale ne fournit aucune branche; mais, en revanche, le pourtour intérieur est constamment interrompu par de larges communications aboutissant toutes dans la trame capillaire des vaisseaux qui donnent à l'aire vasculaire l'apparence d'une dentelle à mailles très-petites. C'est dans cette trame fine et régulièrement

disposée que prennent naissance les artérioles et les veinules qui doivent établir le mouvement circulatoire du sang. Mais avant de décrire les branches qui en proviennent, voyons de quelle manière se termine la veine primigéniale après avoir fourni tous les ramuscules des capillaires. Le plus ordinairement les deux bouts de cette grosse veine circulaire se rejoignent du côté qui correspond à la tête de l'embryon, puis s'adossent pendant un court trajet et finissent par communiquer entre eux. Le tronc qui en résulte décrit plusieurs courbes, envoie à droite et à gauche des radicules au réseau capillaire, passe derrière la tête du petit poulet et va s'ouvrir dans un renflement considérable, qui conduit directement au cœur, et que nous nommerons *renflement sous-cardiaque*. Dans le point diamétralement opposé à celui où la veine primigéniale s'adosse, pour constituer le tronc dont nous venons de parler, une autre branche veineuse considérable prend naissance dans le même réseau vasculaire général. Après un trajet assez direct, cette branche veineuse gagne la partie caudale de l'embryon, rampe le long de son côté gauche, en décrivant des zigzags et va déboucher dans le même renflement veineux sous-cardiaque, à côté de la veine primigéniale. On peut désigner ce second tronc veineux, provenant de l'aire vasculaire, sous le nom de *veine caudale,* à cause de son origine et de ses rapports avec la région caudale de l'embryon. Indépendamment de ces deux troncs principaux, il en existe deux autres d'un plus fort calibre encore, situés l'un à droite, l'autre à gauche de l'axe du petit poulet. Ces deux veines, qui prennent naissance, comme les précédentes, du réseau vasculaire et de la veine primigéniale, vont aboutir également dans le renflement sous-cardiaque. Enfin, un cinquième tronc veineux, qui reçoit les branches provenant du corps même de l'embryon, va encore porter le sang dans le renflement sous-cardiaque. Quant à la direction du cours du sang dans toutes ces veines, nous n'avons pas le moindre doute à émettre, puisque nous avons bien constaté qu'il s'établit de la circonférence au centre.

Des cinq troncs veineux que nous venons de décrire, trois

seulement restent jusqu'au moment de la naissance du poulet et même au delà, mais les deux premiers, c'est-à-dire la veine primigéniale et la veine caudale, disparaissent assez promptement. Nous ferons connaître bientôt comment s'effectue cette métamorphose de la circulation primitive du vitellus. Pour la bien comprendre cependant, il est indispensable de savoir par où passe le sang du renflement sous-cardiaque avant de revenir aux radicules veineuses. Comme nous l'avons déjà dit, ce renflement, qui correspond à la veine porte, débouche dans un vaisseau recourbé, plus ou moins renflé, suivant l'époque du développement de l'embryon (fig. 2 à 6, pl. IV), est doué de la faculté de se contracter suivant un rhythme régulier. Ce vaisseau ainsi disposé est le cœur du jeune poulet. Celui-ci pousse dans l'aorte le sang qu'il reçoit de toutes les veines; la portion abdominale de ce vaisseau donne à droite et à gauche une branche volumineuse, puis elle se continue en un filet très-fin jusqu'à l'extrémité caudale. La plus grande partie du sang provenant du cœur passe donc dans les artères latérales ou vitellines actuellement branches importantes de l'artère mésentérique. Celles-ci se ramifient à l'infini en suivant les divisions principales des veines latérales et aboutissent enfin dans le réseau commun de l'aire vasculaire. Ainsi se complète le cercle que parcourt le sang chez l'embryon très-jeune des oiseaux. Cette première circulation, abstraction faite d'une petite quantité de sang qui s'en détourne, est une circulation *pulmonaire* comparable à celle des poissons. Un peu plus tard, cette même circulation devient pulmonaire et aortique en même temps, et rappelle plus exactement encore la circulation du sang chez les reptiles amphibiens et chez le *fœtus* des mammifères, puisque le même cœur distribue le sang dans le réseau de l'aire vasculaire, et dans les autres organes de l'embryon, du sang qui est mélangé.

D'après ce que nous venons de dire tout à l'heure, il résulte que le premier mode circulatoire chez le poulet s'établit à l'aide d'un cœur pulmonaire, et que ce cœur primitif ou ventricule droit, auquel s'ajoute plus tard le cœur aortique ou ventricule gauche,

est celui qu'on rencontre le plus généralement dans le règne animal.

DE LA CIRCULATION PERMANENTE DU VITELLUS.

Nous venons de voir que la circulation primitive du vitellus comprend la période de formation du sang, celle des vaisseaux et celle de l'aire vasculaire; que la durée ou l'existence de la première circulation vitelline n'est guère que de deux jours environ, et enfin que la disparition des veines primigéniale et caudale établissait la différence des deux circulations vitellines. Mais de quelle manière s'opère cette métamorphose, et quelle est la cause de l'atrophie d'abord et de la disparition plus tard, de la veine primigéniale et de la veine caudale? Voilà ce qui doit nous occuper actuellement et ce qui sera plus facilement compris d'après ce qui précède.

Le réseau capillaire, avons-nous dit, communique avec toutes les veines et toutes les artères de l'aire vasculaire. C'est là un point intermédiaire où le sang se modifie sans cesse. Pour cela, il faut que les artères l'y conduisent dès l'origine de la formation des vaisseaux capillaires. Or, le sillonnement que trace le courant sanguin dans les premiers temps est incertain, irrégulier, confus, et les veinules qui le contiennent sont également mal déterminées, mal disposées, renflées ou rétrécies à leur embouchure dans les troncs veineux et sans parois bien distinctes. (Voy. pl. V, fig. 1.) A mesure que les communications capillaires s'établissent de plus en plus, les radicules artérielles s'abouchent avec les radicules veineuses qui l'avoisinent le plus; le sang y passe alors librement, et les autres sillons dont les parois ne s'organisent pas s'effacent petit à petit, ne recevant plus assez de sang. Aussi voyons-nous que les troncs veineux latéraux qui accompagnent les artères sont ceux qui restent, et que ce sont précisément les veines les plus éloignées qui s'atrophient et disparaissent en très-peu de temps. Mais cette métamorphose circulatoire n'a point seulement pour but de simplifier la première circulation vitelline, elle a aussi

pour but de modifier la fonction. Ce qui le prouve, c'est qu'à mesure que l'aire vasculaire diminue de tout ce qui appartient aux veines primigéniale et caudale, soustraction qui restreint les points de contact du sang avec l'air respirable existant dans l'œuf, on voit surgir, sur un autre point de l'économie, un organe d'hématose nouveau, l'allantoïde. Or cette allantoïde vasculaire sera désormais l'organe respiratoire unique, pendant que la circulation vitelline permanente sera plus spécialement affectée à introduire dans le sang des matériaux nutritifs.

Ainsi la circulation *primitive* du vitellus préside à l'assimilation des parties nutritives et à l'hématose, tandis que la circulation vitelline *permanente* reste plus spécialement chargée de fonctionner à la manière des chylifères. C'est ce qui ressort surtout des faits relatifs à la seconde circulation. En effet, cette circulation permanente du vitellus se compose principalement des artères et des veines latérales de l'aire vasculaire (voy pl. V, fig. 9). Celle-ci s'étend de plus en plus sur le jaune, sans cependant l'envahir entièrement. Le cercle que ces vaisseaux décrivent à leur extrémité constitue la limite du feuillet vasculaire ou l'aire blastodermique, et correspond à la masse albumineuse qui est refoulée en ce point de l'œuf. Mais ce qu'il y a de plus remarquable à signaler ici, c'est la disposition des vaisseaux de l'aire vasculaire, vue du côté interne ou vitellin. Sur cette face, les artères et les veines ont un aspect fort curieux qui leur donne une ressemblance assez grande avec les valvules intestinales de l'homme.

En examinant la composition de ces parties, on voit que ce sont des granulations et des cellules vitellines adossées les unes aux autres qui constituent une couche membraneuse sur les vaisseaux. Cette couche, séparée par plaques de l'aire vasculaire interne, présente des gouttières résultant du moulage des artères et des veines sur elle. Suivant toute apparence, les parties vitellines ainsi fortement accolées aux vaisseaux sont absorbées et transformées en matériaux de nutrition. Dans ce cas, la couche membraneuse composée de globules et de vésicules vitellines se renouvellerait

au fur et à mesure des besoins et jusqu'à entière disparition du vitellus.

DE LA CIRCULATION ALLANTOÏDIENNE.

Pour bien comprendre l'importance de cette troisième phase de la circulation du sang chez le poulet, il ne faut pas perdre de vue que le sac membraneux vasculaire dont nous allons parler commence à se montrer quand la première circulation vitelline devient moins active : c'est donc un organe nouveau qui vient remplacer celui qui disparaît; et cet organe nouveau est spécialement destiné à la fonction de la respiration aérienne. On ne saurait, du reste, élever le moindre doute à cet égard, quand on songe que l'allantoïde pousse devant elle les membranes propres et les membranes accessoires de l'œuf pour se porter à la périphérie, et se mettre ainsi en contact le plus immédiat avec les porosités de la coque, qui lui transmettent l'oxygène de l'air. Mais comment la vésicule allantoïdienne, production de l'embryon, parvient-elle à coiffer les parties qui l'entourent de toutes parts et à les renfermer dans un sac sans ouvertures? C'est là un fait des plus curieux et des plus intéressants de l'évolution embryonnaire que nous allons suivre avec soin chez le poulet.

Pendant le cours du troisième jour, ou un peu plus tard, si la température n'est pas assez élevée, on voit sur la région abdominale de l'embryon une vésicule que recouvre la membrane vitelline. Quelques heures après, cette vésicule allantoïdienne (voy. pl. V, fig. 4, 5, 7, 8, 9), fait saillie; son pédicule se dessine, sa surface est recouverte de vaisseaux visibles à l'œil nu, et son volume égale celui d'un pois ordinaire. Lorsque l'allantoïde a atteint la forme d'une petite noisette, elle se porte sur le côté droit de l'embryon en poussant devant elle la membrane vitelline (pl. V, fig. 9). Les vaisseaux sont alors plus apparents, son pédicule est visiblement implanté sur l'extrémité inférieure du rectum, et traverse l'ouverture amniotique, qui donne aussi passage aux

vaisseaux de la circulation permanente du vitellus (voyez pl. VI, fig. 1).

Un peu plus tard, du cinquième au sixième jour, l'allantoïde recouvre le petit embryon, sa cavité s'aplatit en s'interposant entre l'amnios et la membrane vitelline, et cette poche vasculaire, disposée déjà, par son arrangement, en une double calotte, tend à embrasser et à circonscrire, à la manière des séreuses, toutes les parties de l'œuf qui sont renfermées dans la membrane interne de la chambre à air. Mais pour que cela puisse s'effectuer, il faut que l'allantoïde pousse au-devant d'elle la membrane vitelline, la membrane des chalazes et la membrane de l'albumine condensée. Or c'est ce qui arrive, en effet, comme on peut s'en assurer en jetant les yeux sur la planche théorique (XIV); et cependant cela ne veut pas dire que toutes ces membranes soient retrouvables à l'époque où l'allantoïde a gagné la face interne de la coque. On voit bien, il est vrai, dans les premiers moments de l'incubation la membrane vitelline passer en même temps et sur l'amnios et sur l'allantoïde pendant que la membrane des chalazes lui est encore superposée et distincte; mais à une époque plus avancée, il est impossible d'établir la moindre distinction entre elles. Ces faits prouvent qu'à mesure qu'une des membranes de l'œuf se développe, l'autre s'atrophie ou disparaît, et que cette atrophie ou cette disparition s'effectue de la périphérie au centre, c'est-à-dire dans l'ordre précisément de leur apparition. C'est là une marche régulière de l'organisation, mise en lumière surtout par les travaux remarquables de M. Flourens, sous le titre de *loi de substitution des organes*. Mais à quelle époque de l'incubation l'allantoïde jouit-elle, au plus haut degré, de la fonction respiratoire? D'où reçoit-elle ses vaisseaux? Où vont déboucher ceux qui ramènent le sang à l'embryon, et que contient-elle dans sa cavité propre?

En suivant pas à pas l'empiétement de cette vaste poche allantoïdienne, on voit que, vers le dixième jour, elle a déjà contourné et embrassé par son double feuillet la totalité du vitellus, l'em-

bryon et tout l'albumen : seulement il reste encore un écartement de ses replis, dont le froncement simule exactement les plis d'une bourse qu'on tient à demi fermée. Un jour plus tard, le rapprochement des bords plissés du double feuillet allantoïdien est complet, et il n'existe plus alors qu'une très-petite ouverture, qui regarde le petit bout de l'œuf. (Voy. pl. VI, fig. 1.) Du douzième au treizième jour de l'incubation, la jonction de l'allantoïde s'est opérée vers la partie la plus reculée du petit bout de l'œuf. Quelques heures après, l'affrontement des replis est si bien effectué, qu'il n'est même plus possible d'en retrouver les traces (fig. 2). Dès ce moment, le feuillet externe de l'allantoïde s'adosse à la membrane interne de la chambre à air, jusqu'à l'époque de l'éclosion du poulet. Ainsi, à la fin du treizième jour, l'allantoïde a atteint son maximum de développement; alors son feuillet externe, injecté, offre à l'observateur une vascularité des plus remarquables.

Tout le sang des artères est d'un rouge plus vif que celui contenu dans les veines : aussi distingue-t-on aisément la différence de couleur des deux sangs, jusque dans les plus petites branches. Les artères de l'allantoïde proviennent de la bifurcation de l'aorte abdominale; les veines se réunissent en un tronc commun qui va déboucher dans le renflement de la veine cave inférieure. Nous reviendrons bientôt sur la disposition et les rapports exacts de tous ces vaisseaux, en parlant de la circulation générale du poulet.

Le liquide contenu dans la cavité de l'allantoïde est transparent dans les premiers temps; moins clair et en plus petite quantité, proportionnellement, quand elle a atteint son maximum de développement, et presque nul à la fin de l'incubation, époque à laquelle les deux feuillets sont adossés fortement l'un contre l'autre. Quelquefois on y trouve, deux ou trois jours avant l'éclosion du poulet, des grumeaux jaunâtres de substance analogue en apparence aux détritus muqueux qui se rencontrent dans le cloaque des oiseaux adultes. Quant au liquide amniotique, n'en ayant pas eu en suffisante quantité, nous ne l'avons point analysé. Son examen

au microscope, et lorsque ce liquide est pur, ne laisse rien apercevoir, même à l'aide des lentilles les plus amplifiantes ; mais en y ajoutant de l'eau de baryte on voit de très-petites granulations, qui ont de l'analogie avec celles de l'albumine, traitées par le même procédé. En outre, lorsque ce liquide est soumis à la décomposition spontanée, il prend exactement la même odeur ammoniacale que l'urine putréfiée.

Afin de compléter actuellement tout ce qui a rapport à la circulation du sang, il nous reste à parler de la distribution des vaisseaux allantoïdiens, de ceux du vitellus après la première métamorphose achevée, du rapport de tous ces vaisseaux avec ceux de la circulation permanente, de la transformation successive de la circulation depuis le moment de son apparition jusqu'à son état définitif chez le poulet nouvellement éclos. La planche (VI) que nous avons cru devoir ajouter à notre description pour plus de clarté représente la circulation thoraco-abdominale, le cœur, le tube intestinal, la poche de Fabricius (*e*), les organes de la génération (*f*), le sac allantoïdien (*a*), le vitellus (*b*) et l'albumen condensé (*c*). Les artères qui partent du cœur sont colorées en violet pour indiquer qu'elles contiennent du sang mélangé. Les veines provenant des organes céphaliques, œsophagien, caudal, hépatique, rénal, spermatique et de la poche de Fabricius, ont une couleur bleue qui fait connaître que le sang qui les traverse est veineux. La veine provenant de l'allantoïde est colorée en rouge pour indiquer qu'elle contient du sang artériel, et la veine porte enfin est colorée en vert pour la distinguer des autres vaisseaux qui ramènent le sang au cœur.

DISTRIBUTION DES VAISSEAUX SANGUINS CHEZ LE POULET, AVANT LA NAISSANCE.

Le calibre des vaisseaux d'un organe quelconque est subordonné à la fonction que cet organe doit remplir. Toute la métamorphose circulatoire est basée sur ce principe. Partant de là, il

n'était pas indifférent de choisir la première époque venue de l'incubation pour bien juger sa marche et l'utilité de la circulation du sang chez le poulet avant la naissance. En tenant donc compte du calibre des vaisseaux, nous avons trouvé qu'il y a presque balancement entre ceux de l'allantoïde et ceux du jaune *vers le quinzième jour de l'incubation :* aussi avons-nous choisi de préférence ce moment du développement pour la description que nous allons faire connaître.

Du ventricule gauche du cœur s'élève un gros tronc qui se bifurque presque aussitôt après son origine : c'est la crosse de l'aorte (*e*, fig. 3). Après avoir fourni les sous-clavières, ce gros vaisseau se porte sur le rachis et devient l'aorte descendante qui se distribue à tous les organes sous-cervico-céphaliques. Mais, avant cette répartition, elle reçoit dans sa portion recourbée, ou crosse, deux très-gros vaisseaux : ceux-ci proviennent du tronc pulmonaire (*b*), qui se bifurque aussitôt après sa sortie du ventricule droit.

Chacune de ces deux branches constitue ainsi un véritable canal artériel (*c*, *d*), et chaque canal envoie un très-petit filet vasculaire (*a*, *a*) au poumon correspondant, qui sera plus tard l'artère pulmonaire. Après la jonction de ces deux branches provenant du cœur droit, l'aorte fournit vers la région lombaire un rameau assez fort, qui se distribue au foie, à l'estomac, à la rate (*i*), à la partie duodénale de l'intestin grêle et à la partie cœcale. Un peu plus bas, l'aorte se bifurque en deux troncs principaux qui ont, à peu de chose près, le même calibre à l'époque du développement que nous étudions.

Le tronc gauche parcourt d'abord un trajet assez long sans donner une seule branche, puis il envoie de très-petites artérioles à la portion intestinale située au-dessous du duodénum. Lorsqu'il a fourni ainsi des rameaux au canal alimentaire, il se partage en deux branches égales qui enfourchent une anse intestinale au point où celle-ci se continue avec la membrane et la cavité vitellines, à l'aide d'un pédicule creux (*h*) plus évasé du côté de l'intestin que de celui du vitellus. En ce point remarquable, qui indique

la limite que la nature fixe pour la formation de l'appareil digestif, on aperçoit sous la membrane vitelline une vascularité des plus délicates, qui semble trahir la tendance de la force organisatrice à l'empiétement de parties devenues inutiles pour l'achèvement de l'être.

En revenant actuellement à ce que nous disions tout à l'heure de la bifurcation artérielle qui embrasse l'anse intestinale, nous voyons qu'après avoir fourni tous les ramuscules dont il a été question, les deux branches principales se répartissent sur le vitellus de manière à former par leur terminaison le cercle vitellin sur lequel s'applique l'albumen condensé. Ainsi, l'artère vitelline ou omphalo-mésentérique constitue chez le poulet de quinze jours le tronc gauche de la bifurcation aortique.

Du tronc droit.—Cette artère est la continuation même de l'aorte abdominale; elle donne des branches latérales qui se distribuent aux organes du bassin, aux reins, etc. puis elle se bifurque en iliaques primitives, et se continue jusqu'à l'extrémité caudale, sous le nom d'artère sacrée moyenne. Des deux iliaques primitives, la droite donne la crurale et une branche assez forte. Celle-ci, arrivée sur le pédicule de l'allantoïde, forme un plexus très-remarquable, d'où partent des rameaux déliés qui accompagnent quelques veines allantoïdiennes dans leur trajet. Quant à l'iliaque gauche, elle donne immédiatement après son origine la crurale de ce côté, et une branche considérable qu'on peut regarder comme la continuation de l'aorte. Cette dernière se porte sur la membrane allantoïdienne et s'y distribue d'une manière fort remarquable (voy. pl. VI, fig. 2 et 3). Les deux artères qui vont ainsi sur l'allantoïde et qui proviennent des iliaques primitives constituent évidemment les analogues des artères ombilicales chez les mammifères, avec cette seule différence que la droite, beaucoup plus petite que la gauche, est tout à fait rudimentaire au moment de l'éclosion du poulet.

Là se termine la description que nous avions à faire des artères qui conduisent le sang dans tous les organes; il nous reste

à faire connaître la distribution des divers systèmes veineux chargés de ramener le sang au cœur.

Des veines permanentes. — Nous désignerons par ce nom les veines jugulaires, les deux veines caves supérieures, la veine cave inférieure, les veines hépatiques, rénales, etc. La particularité vraiment importante que nous avons à signaler ici, c'est l'anastomose très-large qui existe entre le système veineux permanent et celui de la veine porte. Cette branche de communication se trouve placée dans le point le plus reculé du bassin, là où les deux troncs qui abandonnent les crurales se portent en dedans et se rejoignent en arcade avant de se distribuer aux parties de la région caudale. Ainsi le tronc de la veine cave inférieure se bifurque au niveau de la division de l'aorte en troncs gauche et droit; chaque veine principale envoie un rameau aux organes propres de la reproduction, puis une assez forte branche dans le rein correspondant, donne ensuite la veine crurale, après quoi ce vaisseau se coude, en conservant son calibre, longe la face postérieure du rein sans donner la moindre ramification, envoie un petit tronc dans la région caudale, où elle se distribue en partie sur la poche de Fabricius, et se réunit en arcade avec la veine correspondante. C'est sur ce point de jonction que s'élève perpendiculairement la grosse branche anastomotique qui communique avec la veine porte.

De la veine porte. — Le système de la veine porte comprend généralement, chez les animaux adultes, toutes les branches provenant du tube alimentaire, du pancréas et de la rate. Chez les oiseaux il faut y ajouter le tronc anastomotique qui va déboucher dans le système de la veine cave inférieure de la manière dont nous l'avons dit plus haut. Indépendamment de cela on trouve chez le poulet de quinze jours une très-forte branche qui dérive des veines vitellines et qui constitue, à cette époque de l'évolution embryonnaire, le vaisseau le plus important de tout le système de la veine porte. Cette branche et l'artère vitelline qui l'accompagne sont les analogues des vaisseaux omphalo-mésentériques

qui se distribuent sur la vésicule ombilicale des mammifères. Le tronc commun de la veine porte se jette après cela dans le foie, s'anastomose avec les veines hépatiques, et va, par leur intermédiaire, jusqu'à l'oreillette droite du cœur. Ce même tronc commun du système de la veine porte est celui qui correspond, dans les premiers temps de l'incubation, au renflement veineux sous-cardiaque que nous avons vu se continuer avec les parois du cœur, pour établir la première et la deuxième circulation vitelline.

Il ne nous reste plus maintenant qu'à décrire le trajet de la veine qui provient de l'allantoïde, et qui constitue l'analogue de la veine ombilicale.

De la veine allantoïdienne. — Le tronc de ce vaisseau est sans contredit le plus volumineux de tous ceux que nous venons d'examiner. Il constitue, par ses nombreuses divisions, un magnifique réseau à radicules pennées, et dont les barbes vasculaires s'affrontent avec les dernières divisions artérielles. A son entrée dans l'abdomen, la veine ombilicale se porte sur le côté gauche du paquet intestinal (voy. pl. VII, fig. 2), contourne la partie duodénale de l'intestin et va se déboucher *directement* dans le renflement sous-auriculaire droit. Cette veine ombilicale ne *fournit aucune branche* dans tout son trajet, depuis l'ombilic jusqu'au cœur. L'importance de ce fait anatomique sera indiqué plus tard quand nous décrirons la circulation générale du poulet du quinzième jour de l'incubation.

Qu'il nous suffise de dire, pour le moment, que cette terminaison du tronc veineux diffère de celle qu'on observe chez le fœtus des mammifères, en ce que chez ce dernier le tronc principal de la veine ombilicale va déboucher dans le système de la veine porte, après avoir fourni le canal veineux et des branches nombreuses au lobe gauche du foie. Ainsi, l'anastomose considérable qui, chez les mammifères, va de la veine ombilicale à la veine porte, manque complétement chez le poulet.

Ici se termine la description anatomique que nous avions à faire

des vaisseaux artériels et veineux qui se distribuent dans les organes permanents et dans les organes transitoires du poulet du quinzième jour de l'incubation. Comme on peut le prévoir d'avance, le calibre de tous ces vaisseaux étant subordonné aux diverses fonctions organiques du nouvel être, ce calibre doit varier suivant que les fonctions se modifient ou disparaissent. Ainsi la veine primigéniale s'efface quand les vaisseaux allantoïdiens se montrent, les artères et les veines omphalo-mésentériques s'atrophient, en partie, après la formation du tube alimentaire, et les vaisseaux qui restent disparaissent avec l'organe qui cesse de fonctionner. Il en est de même de la veine ombilicale, elle s'atrophie tout à coup du 19^{e} au 21^{e} jour, pour ne plus constituer, au moment de la naissance, qu'un petit vaisseau oblitéré (voy. pl. VII, fig. 1). A la vérité, cette atrophie de la veine ombilicale ne s'opère pas de la même manière chez les mammifères, mais cela s'explique aisément quand on songe que chez eux la fonction de la respiration pulmonaire ne peut s'effectuer qu'au moment même de la naissance, tandis que le poulet peut respirer l'air libre quand il est encore dans sa coquille. D'après cela il nous semble évident que la fonction préside et commande, si l'on peut s'exprimer ainsi, la métamorphose de la circulation du sang.

DE LA CIRCULATION GÉNÉRALE DU SANG CHEZ LE POULET AVANT ET APRÈS LA NAISSANCE.

Pendant la durée de la première circulation vitelline, le sang de l'aorte est poussé en presque totalité dans l'aire vasculaire, les artères carotides et la sacrée moyenne n'étant qu'à l'état rudimentaire. Ce sang passe dans tout le lacis vasculaire de l'aire vitelline, puis dans la veine primigéniale, la veine caudale et les veines latérales de l'embryon, qui le versent dans le renflement sous-cardiaque. Ce même renflement reçoit également les autres veinules du corps, et le sang veineux revient ainsi au cœur pour de là aller de nouveau à l'aire vasculaire. C'est ce mode de circu-

lation fort simple qu'on peut regarder comme analogue à celui des poissons, bien que pourtant tout le sang ne passe pas *nécessairement* par l'organe branchial, qui est ici constitué uniquement par l'aire vasculaire. Nous ne croyons pas devoir réfuter l'assertion des anatomistes et des physiologistes, qui admettent la présence de fentes branchiales sur les parties latérales du cou. Cette théorie a déjà été combattue victorieusement par des observateurs habiles et par M. le professeur Serres en particulier, qui a prouvé que ces prétendues fentes branchiales ne sont que des espaces intercostaux et sous-maxillaires. Qu'il suffise seulement d'ajouter à ces faits anatomiques que, quand bien même le sang traverserait un appareil respiratoire aquifère, celui-ci serait insuffisant pour remplir la fonction qu'on veut lui attribuer. D'ailleurs il faudrait, avant tout, que le jeune embryon de deux jours fût dans un liquide contenant de l'oxygène, et jusqu'au quatrième et quelquefois même jusqu'au cinquième jour, la membrane amniotique ne contient aucun liquide, et c'est au point qu'on pourrait croire alors à son absence complète, tant elle est accolée sur l'embryon. C'est du reste ce qui ressortira d'une manière plus évidente encore, lorsque nous parlerons de la formation et du développement de la membrane amniotique. Pour le moment, nous constatons qu'il n'y a aucune coïncidence entre la formation des fentes cervicales et la présence d'un liquide quelconque qui baignerait ces parties. Nous voyons au contraire que les premières disparaissent quand celui-ci apparaît. Ainsi le sang qui parcourt les vaisseaux de la première circulation vitelline ne peut trouver les éléments respirables que dans les capillaires de l'aire vasculaire.

A mesure que le sang des artères latérales de l'embryon passe plus librement dans les veines qui parcourent le même trajet, on voit disparaître petit à petit la veine primigéniale et la veine caudale. Alors la circulation représente exactement celle des batraciens, puisque le cœur reçoit du sang artériel par les veines latérales, et du sang veineux au moyen des veines caves ; ce qui établit le mé-

lange avant la nouvelle répartition du sang dans les artères. La circulation vitelline ainsi constituée commence à se modifier dès que la formation du canal alimentaire est terminée; alors le tronc commun des artères vitellines, qui, jusque-là, l'emportait de beaucoup en volume sur l'aorte abdominale, perd son avantage sur cette dernière. Une plus grande quantité de sang passe alors dans les artères ombilicales, d'où il revient *directement* dans le renflement sous-auriculaire droit. Là il se mélange avec le sang provenant des veines hépatiques et de la veine cave inférieure, puis il arrive ainsi mélangé dans l'oreillette droite, où il rencontre le sang qui y est versé par les veines coronaires et les veines caves supérieures. La contraction de cette oreillette droite pousse le sang en partie dans le ventricule droit et en partie dans l'oreillette gauche. La première colonne est distribuée par la contraction du ventricule dans le tronc pulmonaire, qui le transmet par les *deux* canaux artériels dans la crosse aortique, après que chaque canal artériel en a distribué une très-petite quantité dans les poumons à l'aide d'artérioles d'un bien petit calibre. La deuxième colonne, qui a passé dans l'oreillette gauche, y rencontre le sang des veines pulmonaires rudimentaires. La contraction de cette oreillette pousse le tout dans le ventricule correspondant, d'où il passe dans la crosse aortique pour être de nouveau distribué à tous les organes.

Cette troisième phase de la circulation dure jusqu'au moment de l'éclosion du poulet. A cette époque, l'artère ombilicale ou allantoïdienne gauche a beaucoup perdu de son calibre, les artères qui se distribuent aux membres pelviens ayant détourné à leur profit le courant sanguin. Il résulte de là que la veine ombilicale, ne transmettant plus une aussi grande quantité de sang qu'auparavant, s'atrophie considérablement au moment de la naissance: alors le pédicule allantoïdien se rompt à son insertion sur le cloaque[1], le poulet sort de la coque en y laissant son enveloppe

[1] Le pédicule de l'allantoïde s'ouvre dans le cloaque, à côté de l'orifice gauche de l'uretère, en avant, par conséquent, de la loge postérieure où aboutit la poche de Fabricius.

vasculaire entièrement flétrie; mais avant cette séparation, et vers le dix-neuvième jour environ, il s'effectue chez le poulet un changement remarquable : le vitellus, qui jusqu'au moment de l'incubation était resté en avant de l'abdomen, passe dans cette cavité en franchissant l'ouverture ombilicale, assez étroite, à la manière d'un sac herniaire qu'on réduirait en masse. Ce phénomène est d'autant plus inexplicable que la réduction ici n'est pas opérée par une main habile qui agirait sur le jaune. Quoi qu'il en soit de ce fait, toujours est-il qu'il a lieu avant l'éclosion, et qu'en ce moment on retrouve dans l'abdomen tout le vitellus non employé à la formation du poulet, avec une très-petite portion d'albumen (voy. pl. VII), la majeure partie de celle-ci ayant été utilisée avant l'époque de la rentrée du vitellus. Les vaisseaux vitellins font alors partie de la circulation permanente; mais cet état de choses ne dure que *treize* jours ; après ce temps-là le vitellus et les vaisseaux n'existent plus, leur atrophie est complète et le petit moignon qui reste est entièrement résorbé le quatorzième jour après la naissance du poulet. A partir de ce moment, la circulation ne se modifie plus, et cet état constitue la quatrième période de la métamorphose circulatoire.

Pour compléter actuellement l'étude des enveloppes du poulet pendant l'incubation, il nous reste à parler de l'amnios. Nous ne rappellerons pas ici toutes les controverses auxquelles il a donné lieu, ni les travaux plus ou moins importants qui ont fait connaître son origine et son évolution complète. Cet exposé a été fait dans ces derniers temps par MM. Jacquart et Coste; nous rappellerons sommairement ici la manière de voir adoptée par ce dernier, afin de mieux faire ressortir en quoi elle diffère de la nôtre.

DE L'ORIGINE ET DE LA FORMATION DE L'AMNIOS.

On admet assez généralement aujourd'hui que l'amnios est formé par le feuillet séreux du blastoderme; que le feuillet qui

recouvre immédiatement le petit embryon forme un repli céphalique et un repli caudal; que ces deux replis marchent l'un vers l'autre et en même temps que les bords latéraux; qu'il s'établit d'abord une ouverture dorsale nommée *ombilic amniotique;* qu'un peu plus tard cette ouverture disparaît par l'adossement complet des deux replis; que le point de cette jonction est marqué par un prolongement membraneux qui va jusqu'au premier chorion; que les deux lames du feuillet séreux, repliées pour constituer la cavité amniotique, s'écartent par l'interposition d'un liquide dit, dans ce cas, du faux amnios; que le feuillet externe adossé alors à la membrane vitelline ou premier chorion (Baer et Coste), constitue le second chorion villeux, mais non vasculaire; que le feuillet interne établit l'amnios, et que l'allantoïde qui s'interpose entre ces deux lamelles du feuillet séreux va constituer, par son adossement avec les membranes précédentes, le troisième chorion vasculaire. Tout ceci est dit d'une manière générale pour la formation de l'amnios des mammifères et des oiseaux, et résume l'opinion de MM. Bischoff, Baer, Coste, Wagner, etc. Voici actuellement de quelle manière nous envisageons la chose :

Aussitôt que l'embryon se dessine sur la ligne médiane de la cicatricule blastodermique, on voit une petite élevure (*cumulus* de Baer) qui est placée sous la membrane vitelline. A mesure que le germe se développe, la saillie devient de plus en plus marquée, la région céphalique et l'extrémité caudale du poulet se dessinent; en même temps l'aire vasculaire se complète de plus en plus dans la couche blastodermique qui lui est destinée. Le niveau de la sphère vitelline se trouve alors dépassé, et il résulte de là que l'extrémité céphalique surtout est recouverte par un pli de la membrane vitelline ou capuchon céphalique (voy. pl. V, fig. 2, et pl. X). A mesure que la tête se développe, elle pousse devant elle la portion de la membrane vitelline qui la recouvre; alors le croissant ou capuchon céphalique s'avance de plus en plus sur le poulet, ce qui détermine la formation d'un second repli à sommet interne comme le premier (pl. X). Petit à petit et par l'accrois-

sement de l'embryon, la dépression vitelline devient plus prononcée, et cet enfoncement du plancher vitellin, qui entraîne celui du germe, permet au second repli vitellin d'empiéter sur la tête du petit poulet. C'est ce double feuillet de la membrane vitelline qui, suivant nous, constitue le capuchon céphalique. A mesure que les choses marchent ainsi du côté de la tête, il s'établit vers l'extrémité opposée du corps un phénomène analogue, qui donne lieu au capuchon caudal. Les sommets de ces deux replis marchent à la rencontre l'un de l'autre sur la région dorsale de l'embryon, en même temps que les rebords latéraux de la membrane vitelline déprimée tendent également à se rapprocher l'un de l'autre (pl. XII). De cet empiétement successif des replis vitellins résulte la jonction et la fermeture de cette espèce de bourse à double paroi vitelline. Les deux capuchons, au moment de leur affrontement, sont tellement appliqués sur l'embryon, qu'ils passent au-dessous de la membrane chalazique, sans la comprendre dans leurs plis de jonction (pl. XII). Aussi les deux lames qui composent chaque capuchon sont-elles étroitement accolées l'une à l'autre pour constituer la membrane de l'amnios. Celle-ci aurait donc, dans l'origine de sa formation, deux feuillets bien distincts.

Quant au liquide qu'on a dit s'interposer entre ces deux lames pour établir une cavité ou faux amnios, nous ne saurions concevoir ce phénomène sans admettre un état pathologique pour l'expliquer. En effet, ce liquide arriverait dans la cavité du faux amnios par endosmose, dit-on; mais alors il serait contenu dans la cavité propre de la séreuse, qui fournit les deux capuchons, et ne saurait s'y accumuler, puisque latéralement cette cavité communique, d'après les auteurs cités, dans la cavité du feuillet séreux du blastoderme. Pour admettre donc l'écartement des deux feuillets qui composent la membrane de l'amnios, il faudrait supposer une adhérence au point seulement qui correspond au deuxième angle de chaque repli amniotique. Or ce serait là une particularité anormale du développement et non un état physiologique. La jonction des deux capuchons et la soudure des deux feuillets qui les cons-

tituent s'opèrent donc sans qu'il y ait jamais de liquide interposé entre les replis de la membrane vitelline. Après la fermeture de la poche de l'amnios, un liquide transparent s'accumule petit à petit dans sa cavité; c'est alors seulement qu'il est possible de bien apprécier la disposition et les rapports de cette enveloppe avec l'embryon. En effet, à cette époque du développement, le feuillet simple de la membrane vitelline qui s'applique sur le corps de l'embryon se trouve en regard avec le double feuillet amniotique, ce qui établit une véritable cavité séreuse, où s'accumule le liquide de l'amnios. Alors l'embryon est placé dans une véritable cavité réfléchie, espèce de membrane séreuse, en effet, dont la fonction serait de fournir le liquide amniotique. Toutefois, le feuillet périphérique de l'amnios est ici double dans l'origine, tandis que celui de la plèvre ou du cœur, par exemple, est toujours simple. Enfin, pendant que l'évolution embryonnaire s'achève, la composition vitelline semble se modifier un peu. C'est ainsi qu'on retrouve dans le jaune proportionnellement plus de globules vitellins que de vésicules huileuses. On voit surtout cette différence sur le jaune qui est contenu dans l'abdomen après la naissance du poulet : là les proportions de matière grasse diminuent d'une manière notable. D'après ces faits, il semblerait évident que ce serait la substance huileuse qui joue un rôle important dans la création des organes du poulet. On verra plus loin que ce fait est pleinement confirmé par l'analyse chimique.

RÉSUMÉ DES DEUX CHAPITRES RELATIFS À LA CONSTITUTION DE L'ŒUF DE LA POULE AVANT ET APRÈS LA FÉCONDATION.

Pour connaître comment l'œuf se constitue, il faut commencer son étude dans l'ovaire même.

Celui-ci se compose principalement de tissu vasculaire. Les artères et les veines qui entrent dans la composition du calice forment deux couches de vaisseaux superposées.

La terminaison des vaisseaux sur la face interne du calice est des

plus remarquables : ce sont de petites houppes villeuses analogues à celles du chorion chez le fœtus de la jument. C'est au milieu de ces houppes vasculaires et dans la membrane ovarienne elle-même que l'œuf apparaît sous forme de vésicule transparente.

Cet œuf, d'après la structure des parois du calice, est évidemment un produit de sécrétion, et non, comme on l'a dit, le résultat d'une sorte d'exfoliation ovarienne, constituant une molécule gemmipare, analogue à la molécule qu'on croit aussi pouvoir admettre pour la formation des spermatozoïdes.

La matière organique élémentaire ainsi sécrétée et puis séparée de la souche commune, n'a besoin que d'une force vitale plus grande pour entrer en mouvement, et cette force lui est communiquée par la fécondation.

Cet acte vital nous a paru s'effectuer, chez la poule, dans la portion de l'oviducte qui avoisine le pavillon de la trompe.

Rien ne prouve que l'œuf soit fécondé dans l'ovaire même chez les oiseaux.

On rencontre assez souvent des œufs tombés dans la cavité abdominale qui n'ont pas la moindre apparence d'organisation; il y en a aussi de fécondés et en voie d'incubation, mais alors l'oviducte les aurait laissés échapper.

L'œuf, dans l'ovaire, est constitué par une sphère germinative placée au centre de la sphère vitelline.

Les rapports de ces deux sphères changent très-vite : la vésicule germinative s'excentrise et se trouve alors en contact avec la membrane vitelline.

A mesure que le liquide sécrété par le calice pénètre par imbibition dans les deux sphères, il s'opère un changement chimique dans la composition de ce liquide transparent, et des globules se forment.

Indépendamment des globules organiques, on aperçoit en même temps des globules huileux, tant dans la cavité vitelline que dans la vésicule germinative.

L'accumulation de ces parties constituantes forme souvent,

tant par leur disposition que par leur fusion, une partie plus opaque dans la vésicule germinative, à laquelle Wagner surtout a attaché une importance exagérée.

Cette partie est celle qu'on a nommée *tache germinative*, ou *taches germinatives*, quand plusieurs grains opaques se montrent.

Les granulations qui s'accumulent dans la cavité vitelline entourent bientôt la vésicule germinative, et lui servent de disque à la manière du disque proligère qui supporte l'œuf dans la vésicule de de Graaf.

Quand tout le liquide de la sphère vitelline a été converti en granules et en vésicules vitellines et que l'œuf a acquis un volume convenable, le calice lui livre passage à l'endroit du *stigma*.

La ligne blanchâtre qui constitue le stigma est traversée par quelques vaisseaux. Mais ces vaisseaux sont éminemment capillaires et imperméables aux globules du sang. Cette disposition est une condition favorable pour la déhiscence du calice et la sortie de l'œuf.

On peut considérer la séparation de l'œuf de son calice comme une ponte véritable, tant chez les oiseaux que chez les animaux ovipares. Le calice serait un utérus spécial destiné à la formation de l'œuf, et l'oviducte un utérus complémentaire.

Le premier élabore et achève la formation de l'œuf essentiel à la reproduction; le second lui fournit des éléments utiles mais accessoires pour l'organisation du nouvel être.

L'utérus primitif ou calice est invariablement le même chez tous les animaux à ovaires.

L'utérus complémentaire, au contraire, constitue chez les mammifères un appendice de l'oviducte, qui se dégrade très-promptement dans la classe même des vertébrés supérieurs.

Après la ponte ovarienne, le calice sécrète encore une substance blanchâtre, comme muqueuse, qui, mise en contact avec l'eau de baryte, offre un aspect globuleux assez analogue à celui qui résulte du mélange d'albumine liquide et de baryte.

Après la fécondation, l'œuf s'enveloppe des membranes acces-

soires, qui sont la membrane chalazifère, la membrane située entre les deux albumens, les membranes interne et externe de la chambre à air, la coque et la membrane épidermoïde.

L'air contenu dans le gros bout de l'œuf n'y est pas renfermé, comme on l'a dit, au moment où la coquille se forme dans l'oviducte, et le réservoir aérien ne se constitue qu'après la ponte de l'œuf.

Le fluide ambiant dans lequel la poule dépose le produit de la *sécrétion* ovarienne pénètre dans la cavité de la coquille par ses porosités anfractueuses.

Suivant toute apparence, l'air qui a traversé les trous de la coque suit les sillons nombreux qu'on remarque sur la membrane externe de la chambre à air, et qui établissent par leur disposition une sorte de réseau trachéen.

On ne retrouve plus la vésicule germinative après la fécondation, mais on observe que le disque prolifère est toujours plus transparent au centre.

La disparition subite de la vésicule germinative dans l'œuf de la poule prouve qu'elle n'est point déprimée par l'accumulation des grains vitellins, comme cela s'observe pour l'œuf des batraciens.

Le contenu de la vésicule germinative se porte, dans tous les cas, à la périphérie de l'œuf, où le disque prolifère le circonscrit et le maintient en rapport avec la membrane vitelline. Ce point de l'œuf est celui dans lequel le blastoderme se constitue. La formation des feuillets séreux, muqueux et vasculaire, dans le blastoderme, n'est point anatomiquement démontré.

Le sillonnement médian du blastoderme provient de l'arrangement des globules vitellins et des vésicules huileuses mis en mouvement après la fécondation.

Il s'accumule une quantité considérable de vésicules huileuses entremêlées de globules vitellins dans le disque prolifère.

Ces parties sont bientôt renfermées dans un double feuillet blastodermique, et c'est là que les globules du sang apparais-

sent. Lorsqu'ils sont mis en mouvement, ils sillonnent l'aire des globules huileux et granuleux, et ce tracé devient plus tard vasculaire.

Les globules primitifs du sang sont presque sphériques et leur noyau central n'est point très-distinct; plus tard, les globules deviennent ellipsoïdes et à noyau central très-évident.

Le sang ne se colore pas quand l'œuf fécondé est mis en incubation dans un lieu privé d'air.

La circulation du sang dans le double feuillet blastodermique se métamorphose vers le troisième jour de l'incubation.

La première période circulatoire constitue la *circulation vitelline primitive*, et la seconde, la *circulation vitelline permanente*.

L'une et l'autre ont pour but, non-seulement de recueillir les matériaux propres à la formation du sang, mais de le modifier par une véritable respiration, afin de le rendre apte à entrer dans la constitution des organes en voie de formation.

On peut considérer la première circulation comme analogue à celle des poissons, puisque la presque totalité du sang passe directement par l'aire vasculaire qui représente l'organe respiratoire, et que c'est par conséquent un cœur pulmonaire qui fonctionne.

La seconde circulation représente très-exactement celle des reptiles, le même cœur envoyant du sang mélangé à l'organe respiratoire et aux diverses parties du corps de l'animal. Le cœur droit ou pulmonaire est donc le premier formé, et c'est aussi celui qu'on rencontre le plus généralement chez les êtres inférieurs de la série zoologique.

A mesure que la première circulation se modifie et au moment où sa fonction cesse d'être en pleine vigueur, on voit apparaître l'allantoïde, qui, par sa vascularité et sa disposition, devient un organe de substitution fonctionnelle.

La seconde circulation vitelline, sans perdre entièrement la propriété de vivifier le sang, se trouve plus spécialement chargée de s'approprier des matériaux nutritifs et d'agir ainsi à la manière des lymphatiques chylifères ou à l'instar de la veine porte.

D'après le développement, la disposition, la structure et les rapports de l'allantoïde, on est conduit à admettre sa fonction, qui est sans aucun doute d'hématoser les matériaux destinés à devenir du sang. Cet organe a donc de l'analogie avec le placenta des mammifères, ou, pour mieux dire, est un demi-placenta, celui-ci servant à la fois d'organe nutritif et d'organe d'hématose, tandis que le premier est seulement chargé de la fonction respiratoire.

Mais si l'allantoïde est un demi-placenta chez le poulet, la vésicule ombilicale chez les mammifères est bien moins que cela, comparativement à celle de l'oiseau. Ce balancement organique était du reste nécessaire, puisque la fonction devait varier, et se trouver dans un ordre inverse pour s'adapter convenablement aux circonstances.

Le vitellus figure donc comme organe de nutrition, là où il ne peut pas être remplacé par un autre organe, et dans ce cas il est très-volumineux.

L'allantoïde, quoique toujours organe d'hématose, est en même temps organe de nutrition, là où le vitellus est très-petit.

Les membranes accessoires de l'œuf se forment du centre à la périphérie, et se détruisent dans le même ordre pendant l'incubation.

Le développement de l'allantoïde est cause de la disparition des autres membranes de l'œuf. A la fin du douzième jour, l'allantoïde a envahi toute la cavité de l'œuf, et contient dans son double feuillet vasculaire : le vitellus, l'embryon et l'albumen.

La cavité propre de l'allantoïde renferme un liquide séreux qui diminue à mesure que l'incubation approche de son terme.

Les deux feuillets allantoïdiens sont adhérents l'un à l'autre au dix-neuvième jour.

L'allantoïde reçoit deux artères ombilicales des iliaques primitives : la droite est très-petite; la gauche, beaucoup plus volumineuse, semble être la continuation de l'aorte.

Il y a chez le poulet, avant la naissance, un double canal artériel dont la disposition rappelle la double crosse des reptiles.

La veine ombilicale ou allantoïdienne va *directement* dans le renflement veineux sous-auriculaire, sans envoyer de branches dans le foie.

Le sang de la veine porte ne se mélange donc pas avec une partie du sang de la veine allantoïdienne ou ombilicale avant de parcourir les veines hépatiques.

En revanche, le système de la veine cave inférieure *communique largement* avec celui de la veine porte.

L'artère vitelline qui se bifurque provient de l'aorte; la veine vitelline, également divisée en branches, va déboucher dans le tronc de la veine porte par un gros tronc qui aurait une analogie de fonctions avec la veine ombilicale des mammifères.

Ces deux vaisseaux constituent plus tard les vaisseaux omphalo-mésentériques.

Les vaisseaux qui passent entre les sillons ou fentes latérales du cou ne constituent point des organes branchiaux comme on l'a dit pendant longtemps.

Il n'y a ni fentes branchiales ni vaisseaux branchiaux chez l'embryon du poulet; les moignons arrondis et séparés dont il est question ne sont que les côtes et les pièces du maxillaire inférieur à l'état rudimentaire.

La métamorphose de la circulation allantoïdienne s'effectue par le détour du sang artériel dans les organes pulmonaires du poulet, qui respire l'air libre avant de sortir de la coque. L'atrophie très-prompte de la veine ombilicale ou allantoïdienne en est bien la meilleure preuve; elle ne peut s'expliquer, du reste, que par le détour du sang des artères ombilicales dans les troncs des artères pulmonaires en action. Si les mammifères pouvaient respirer avant de naître, leur placenta s'atrophierait également avec une grande promptitude, à cause de l'affluence du sang vers les poumons.

Après que cette troisième phase de la circulation est achevée, le poulet ne subit plus de métamorphose.

Vers le dix-neuvième jour de l'incubation, le vitellus pénètre dans l'abdomen du poulet, et n'est résorbé qu'après le treizième

jour de la naissance, c'est-à-dire quinze jours après son entrée dans l'abdomen.

L'amnios du poulet est formé par le feuillet vitellin doublé en forme de capuchon et constituant une séreuse.

Les feuillets se soudent entre eux et les bords des replis céphalique et caudal se joignent pour clore la cavité amniotique.

L'allantoïde ne s'interpose pas entre les deux feuillets de la membrane de l'amnios, comme le veut M. Coste, mais bien entre eux et un autre repli de la membrane vitelline. Le second chorion de cet auteur, ou lame externe de l'amnios, résulterait d'un état pathologique, il en serait de même du liquide amniotique engagé entre les lames de la membrane de l'amnios.

Quant au premier chorion de MM. Baer et Coste, il serait constitué par la membrane vitelline, et le troisième par l'allantoïde. A notre avis, ces dénominations de chorions non vasculaire et vasculaire pourraient être avantageusement remplacées par les mots de membrane vitelline et de membrane allantoïde. Nous n'admettons pas, du reste, comme chose démontrée, la séparation des feuillets de l'amnios pour constituer le deuxième chorion non vasculaire de M. Coste, et cela pour des raisons indiquées plus haut.

Enfin les parties constituantes de l'œuf, examinées pendant la durée de l'incubation, n'ont présenté que peu de différence, et cette différence porte surtout sur la diminution des globules huileux. Elle devient surtout très-appréciable si l'on compare les éléments du vitellus, avant l'incubation, avec ceux qui se retrouvent dans le ventre du poulet quelques jours après la naissance.

Les globules huileux sembleraient, d'après cela, être les premiers matériaux utilisés pour la création des organes de l'embryon des oiseaux.

CHAPITRE VIII.

RECHERCHES DE PHYSIOLOGIE EXPÉRIMENTALE SUR LES OEUFS AÉRIENS.

L'observation des métamorphoses et des créations organiques qui ont lieu dans un œuf fécondé et soumis à l'incubation frappe tout à la fois d'étonnement et d'admiration. Avant cet acte important, l'œuf offre à l'analyse la plus immédiate : un vitellus recouvert d'enveloppes muqueuses, pour les œufs aquatiques, ou albumineuses et couvertes d'une couche scléreuse ou calcaire, pour les œufs aériens. Après l'incubation, ces enveloppes revêtent un animal tout formé et doué de la vie. Si l'on appliquait à toute la série animale ce que l'on observe chez les amphibiens, le vitellus seul, modifié par l'influence de l'oxygène et d'une température convenable, pourrait donner naissance à cette création si merveilleuse. L'analyse microscopique et l'analyse chimique démontrent que les principaux éléments organiques de l'œuf sont une matière albuminoïde, une matière grasse et quelques substances minérales. Après l'incubation, on trouve que ces éléments ont donné naissance, non-seulement à du sang et à du tissu cellulaire, qui n'existaient point dans l'œuf, mais encore à plusieurs systèmes organiques parfaitement développés, parmi lesquels on distingue l'osseux, le musculaire, le nerveux et le tégumentaire.

Il était de la plus haute importance de rechercher comment ces transformations pouvaient avoir lieu au point de vue chimique. Il fallait déterminer si tous ces éléments, qui s'organisent d'une manière si merveilleuse, existent à l'état latent dans l'œuf, et si l'incubation ne fait, pour ainsi dire, qu'en opérer le départ et le classement, ou si ces éléments ne peuvent prendre naissance que sous l'influence chimique d'un agent extérieur, qui serait l'air. Cette question a été étudiée, et la deuxième partie de ces recherches démontre clairement la nécessité de l'intervention de ce fluide pour que ce travail ait lieu ; c'est-à-dire qu'il est produit

sous l'influence de réactions chimiques profondes, qui modifient les éléments organiques, en retranchant une partie de leurs principes constituants par une véritable combustion.

L'étude des modifications chimiques qui surviennent dans l'œuf fécondé pendant l'incubation est vaste, compliquée et difficile à aborder. Aussi, ne pensant pas qu'il serait possible de compléter un travail si considérable, nous avons arrêté un programme progressif, commençant par les notions les plus indispensables à acquérir, et nous nous sommes astreints à le suivre, en opérant sur des œufs de poule et sur des œufs et des têtards de grenouille.

Voici ce programme :

1° Étudier l'œuf avant et pendant l'incubation;

2° Déterminer les quantités d'eau, de matière organique et de matière anorganique entrant dans la constitution des œufs;

3° Analyser les matières anorganiques;

4° Déterminer la composition immédiate des œufs, c'est-à-dire en séparer les principes immédiats et en déterminer les proportions;

5° Soumettre les œufs à l'analyse ultime;

6° Soumettre les différentes parties de l'œuf à l'analyse ultime.

Les trois premières parties seulement ont pu être examinées pour les œufs de poule; la quatrième partie a été commencée : un accident nous a privés de notre travail.

Les œufs de la grenouille, pris dans l'ovaire, les têtards à différentes époques de leur existence, et la grenouille adulte, ont été examinés jusqu'au quatrième paragraphe inclusivement.

Nous avons conservé tous les produits nécessaires pour terminer notre travail.

RECHERCHES SUR LA COMPOSITION DES ŒUFS DE POULE AVANT ET PENDANT L'INCUBATION.

Les expériences relatives aux œufs des oiseaux ont été entreprises sur ceux de la poule. Nous avons opéré sur des œufs frais

et sur des œufs soumis à l'incubation depuis sept, quatorze et dix-huit jours.

DESSICCATION ET INCINÉRATION DES ŒUFS.

Au premier point de vue, la dessiccation et l'incinération des œufs paraissent être simples et faciles à exécuter; cependant elles présentent des difficultés si considérables, que nous croyons indispensable d'entrer dans quelques détails à cet égard. Sans cela, on ne pourrait se rendre compte de plusieurs résultats discordants, et l'on pourrait attribuer à des négligences ce qui n'est dû qu'à des difficultés que nous n'avons pu surmonter.

Dessiccation des œufs. — Pour dessécher les œufs, nous n'avons pu employer qu'une température inférieure à + 60 degrés, afin de ne point coaguler complétement l'albumine qu'ils contiennent, puisque notre intention était de l'isoler et d'en déterminer la quantité. Cette température même est fort élevée lorsqu'on ne veut point coaguler l'albumine, comme nous l'avons déjà fait observer. Le vide sec peut aussi être employé avantageusement, et ces deux moyens ont été réunis. Mais les résultats ainsi obtenus, même en réunissant tous les produits ensemble et dans les mêmes circonstances, sont-ils bien semblables? L'eau n'est pas engagée de la même manière dans les œufs avant et pendant l'incubation, et elle pourrait bien n'être pas chassée en quantité comparable en employant les mêmes moyens. Il faut ajouter à ces inconvénients que l'huile contenue dans le vitellus des œufs recouvre tous les autres produits, et qu'elle nuit considérablement à leur dessiccation.

Voici les résultats obtenus en opérant sur des œufs frais et sur des œufs soumis à l'incubation naturelle sous une même poule :

	A Huit œufs non couvés.	B Cinq œufs couvés pendant 7 jours	C Cinq œufs couvés pendant 14 jours.	D Quatre œufs couvés pendant 18 jours.
Eau et matières volatiles.....	325gr800	179gr080	178gr515	148gr540
Poids du résidu sec.....	150, 000	93, 000	98, 600	77, 900
Poids des œufs.....	475, 800	272, 080	277, 115	226, 440

Les mêmes résultats ramenés par le calcul à l'œuf pris comme unité.

Eau et matières volatiles.....	0,68474	0,65819	0,64419	0,65598
Poids du résidu sec.....	0,31526	0,34181	0,35581	0,34402
Poids des œufs.....	1,00000	1,00000	1,00000	1,00000

Les mêmes résultats, en tenant compte de la perte de poids éprouvée par les œufs pendant l'incubation [1].

Perte pendant l'incubation....	0,00000	0,03744	0,09000	0,12633
Perte pendant la dessiccation..	0,68474	0,63355	0,58622	0,57311
Somme des pertes précédentes..	0,68474	0,67099	0,67622	0,69944
Poids du résidu sec.....	0,31526	0,32901	0,32378	0,30056
Poids des œufs.....	1,00000	1,00000	1,00000	1,00000

En opérant sur cinq œufs, et en isolant autant que possible les différentes parties qui les constituent, nous avons obtenu les résultats suivants.

	Matières avant la dessiccation.	Résidu.	Eau et matières volatiles.
Coquilles.....	25gr400	25gr400	0gr000
Vitellus.....	84, 780	44, 600	40, 180
Albumen interne.....	87, 350	10, 850	76, 500
Albumen externe.....	87, 970	11, 800	76, 170
Poids des cinq œufs.....	285, 500	92, 650	192, 850

[1] Cette perte a été calculée à l'aide du tableau de la page 612. Il n'a pas dépendu de nous de peser les œufs avant de les soumettre à l'incubation.

Les mêmes résultats ramenés à l'unité de poids pour chaque substance à l'état frais.

Coquilles	1,00000	1,00000	0,00000
Vitellus	1,00000	0,52607	0,47393
Albumen interne	1,00000	0,12421	0,87579
Albumen externe	1,00000	0,13413	0,86587

Les mêmes résultats, l'œuf étant pris pour unité de poids.

Coquilles	0,0889		0,0889		0,0000
Vitellus	0,2970		0,1562		0,1408
Albumen interne	0,3060		0,0380		0,2680
Albumen externe	0,3081		0,0413		0,2668
Sommes	1,0000	=	0,3244	+	0,6756

La difficulté qu'on éprouve à séparer les deux albumens des œufs nous engage à réunir leurs poids, qui donnent une somme de 0,6141; ils laissent un résidu de 0,0793, et abandonnent 0,5348 d'eau et de matières volatiles.

Pour obvier à cet inconvénient, qui toutefois n'est pas d'une grande importance, nous avions pensé à séparer les albumens cuits dans l'eau, et nous nous étions assurés que l'albumine fluide et l'albumine coagulée laissent un même résidu par la dessiccation; mais nous n'avons pas eu le temps de terminer cette expérience[1].

La quantité d'humidité, ou 0,6756, et celle du résidu sec, ou 0,3244, s'éloignent peu de celles obtenues en opérant sur des œufs entiers et consignées dans le tableau précédent.

Incinération des œufs. — L'incinération, comme la dessiccation, est une opération qui, en elle-même, est d'une facile exécution: elle ne peut cependant donner des résultats identiques et toujours comparables. Une des principales difficultés vient de ce qu'il est impossible de réduire en poudre les œufs desséchés, à cause de

[1] Comme il reste toujours de l'albumine qui adhère après les coquilles des œufs frais, elles ont été lavées à l'eau distillée et séchées au soleil; c'est pour cela que leur poids n'a plus diminué par une dessiccation ultérieure. L'eau des lavages a été réunie aux albumens externes.

l'huile qu'ils renferment; il en résulte que l'on ne peut mêler intimement les débris de la coque avec la matière organique, et que chaque fois que l'on prend de la substance pour l'incinérer, on peut être assuré que la quantité destinée à l'expérience offre une composition variable. Une autre difficulté, mais plus aisée à vaincre que celle qui précède, vient de l'énorme quantité de chaux vive qui se trouve dans le produit de l'incinération des œufs, et de ce que, malgré toutes les précautions prises pour éviter la présence de l'eau et celle de l'acide carbonique pendant le refroidissement du creuset, et surtout pendant qu'on le pèse, on ne peut se mettre entièrement à l'abri de cette chance d'erreur. Il faut encore ajouter à ces difficultés, que les œufs ne sont point identiques, qu'il en est qui ont la coque mince et d'autres qui l'ont épaisse : c'est encore là une cause qui nuit à la netteté des résultats donnés par l'expérience.

Le tableau suivant contient les moyennes données par l'incinération des quatre sortes d'œufs sur lesquels on a déjà opéré. Les expériences ont été répétées trois fois sur chacune d'elles. (*Voir le registre des expériences.*)

A	0,1757
B	0,1754
C	0,1737
D	0,1603

[1]

Ces résultats ramenés à l'œuf frais, pris comme unité, donnent les valeurs suivantes

PRODUIT DE LA CALCINATION DES ŒUFS.

OEufs avant l'incubation	0,05539	
OEufs après 7 jours d'incubation	0,05771	Moy. = 0,05483 [2]
OEufs après 14 jours d'incubation	0,05624	
OEufs après 18 jours d'incubation	0,04818	

[1] Les lettres A, B, C, D, représentent les produits indiqués précédemment par les mêmes lettres.

[2] Cette moyenne est de beaucoup inférieure au poids de la coque desséchée trouvé précédemment; cela tient à ce que cette coque est revêtue de membranes, qu'elle est pénétrée de matière organique, et que la chaux qu'elle contient s'y trouve à l'état de carbonate.

Les trois premiers résultats sont dans les limites des erreurs inhérentes à ces sortes d'expériences. La différence énorme qui existe entre ceux-ci et le dernier peut tenir à un défaut d'identité entre les œufs des poules; elle peut encore tenir à la difficulté d'opérer le mélange des différentes parties constituantes de l'œuf: cependant les parties de l'œuf couvé et desséché étant plus faciles à réduire en poudre que celles de l'œuf qui n'a point été soumis à cette opération, nous avons dû rechercher si cette différence ne serait point due à de l'acide phosphorique, ou à de l'acide sulfurique combiné à une matière organique qui pourrait se détruire pendant l'incinération : des expériences entreprises pour déterminer les quantités de soufre et de phosphore par diverses méthodes répondent à cette question.

EXAMEN CHIMIQUE DE LA MATIÈRE MINÉRALE CONTENUE DANS LES ŒUFS COUVÉS ET NON COUVÉS.

Examen du produit de l'incinération. — Désirant apporter le plus grand soin à l'étude du produit de l'incinération des œufs incubés et non incubés, après plusieurs essais peu satisfaisants, nous avons dû renoncer à la méthode employée pour l'analyse des os, et que nous avons suivie pour examiner les cendres de la grenouille à différents âges. Notre intention était principalement de déterminer la quantité de la chaux, celle de l'acide phosphorique et celle du fer. Nous avons vu, ainsi que M. Berzélius l'avait fait observer, que l'acétate hydrique dissout le phosphate calcique, et nous avons trouvé, de plus, qu'il laisse du carbonate calcique intact, même à la température de l'ébullition, quand celui-ci possède une grande cohérence. Nous avons donc préféré dissoudre les cendres des œufs dans de l'azotate hydrique. En suivant ce mode d'expérimentation, il est resté, en général, pour un gramme de matière, un milligramme d'un résidu charbonneux contenant quelques traces de matière incombustible, qui nous a paru être de la silice. Le phosphate calcaire a été ensuite précipité par l'ammoniaque, lavé un

grand nombre de fois par décantation, et desséché dans une capsule tarée. La chaux excédante a été ensuite précipitée à l'aide du sesquicarbonate d'ammoniaque et de l'ébullition; l'acide sulfurique a été précipité par l'azotate barytique; enfin, les liqueurs des lavages ont été évaporées; le résidu de cette évaporation a été pesé, redissous et examiné à l'aide des réactifs.

Voici les résultats obtenus en suivant ce procédé analytique:

EXAMEN DES CENDRES DES OEUFS AVANT ET PENDANT L'INCUBATION.

Les poids des cendres étant l'unité[1].

	Phosphate calcique.	Carbonate calcique.	Acide sulfurique.	Soude
A OEufs non couvés.....	0,0950	1,0370	0,0208	0,0084
B OEufs couvés pendant 7 jours...	0,1090	1,1370	0,0162	0,0064
C OEufs couvés pendant 14 jours..	0,1630	1,0750	0,0202	0,0080
D OEufs couvés pendant 18 jours..	0,0510	1,2060	indices.	indices.

Le poids de l'œuf frais étant l'unité.

A OEufs non couvés.....	0,00526	0,05744	0,00115	0,00046
B OEufs couvés pendant 7 jours...	0,00629	0,06560	0,00093	0,00037
C OEufs couvés pendant 14 jours..	0,00917	0,06046	0,00113	0,00045
D OEufs couvés pendant 18 jours..	0,00246	0,01474	indices.	indices.

Le résidu de l'évaporation provenant de l'analyse des cendres des œufs contenait de la soude libre, des traces de potasse, de chlore et d'acide sulfurique. On a été obligé de réunir les quatre produits pour l'étudier, parce qu'il était en très-petite quantité.

Les résultats précédents n'offrent rien de bien satisfaisant: des analyses ont été tentées par une autre méthode. Il était d'autant plus utile de le faire, que de l'acide sulfurique et de l'acide phosphorique même, unis à la glycérine, pouvaient être complétement détruits pendant la calcination.

[1] Le surcroît du poids du carbonate calcique vient de ce qu'il a été pesé à l'état de chaux parmi les cendres et qu'il est compté à l'état de carbonate.

EXAMEN DE LA MATIÈRE MINÉRALE DES ŒUFS SANS LES INCINÉRER.

Ce qui frappe, dans le tableau précédent, c'est l'absence presque complète du soufre dans les œufs couvés pendant dix-huit jours : peut-être ce soufre pouvait-il être retrouvé en employant une autre méthode.

Le produit de la dessiccation des œufs a été détruit par l'azotate hydrique; la masse résultant de cette réaction a été saturée par la potasse; la liqueur a été ensuite évaporée jusqu'à siccité, et le résidu solide a été chauffé au rouge. Le nouveau produit a été traité par l'eau acidulée par l'azotate hydrique, précipité par l'ammoniaque pour avoir le phosphate de chaux; traité par l'oxalate d'ammoniaque pour avoir la chaux qui a été dosée à l'état de sulfate, et précipité par l'azotate barytique pour avoir l'acide sulfurique.

Ces expériences n'ont été entreprises que sur les deux points extrêmes de la série : les œufs non couvés et les œufs couvés pendant dix-huit jours. En voici le résultat :

PRODUITS ANORGANIQUES DONNÉS PAR DES ŒUFS NON COUVÉS ET PAR D'AUTRES ŒUFS APRÈS 18 JOURS D'INCUBATION, EN LES DÉTRUISANT PAR L'AZOTE HYDRIQUE.

Résultats rapportés à l'œuf sec pris comme unité.

	Phosphate.	Carbonate.	Acide sulfurique. (SO_3)	Soufre.
OEufs non couvés.....	0,0339	0,1532	0,00648	0,00258
OEufs couvés pendant 18 jours.	0,0401	0,2201	indices.	indices.

Les mêmes résultats rapportés à l'œuf frais pris comme unité.

OEufs non couvés.....	0,01069	0,04830	0,00204	0,00082
OEufs après 18 jours d'incubat.	0,01205	0,06615	indices.	indices.

Le phosphate calcaire des œufs couvés était coloré en rouge

par du phosphate de fer; le phosphate calcaire des œufs non couvés était parfaitement blanc.

Il résulte des recherches consignées dans le tableau précédent que le soufre diminue pendant l'incubation : ce résultat n'a rien qui puisse étonner, puisque les œufs répandent généralement une odeur désagréable pendant qu'ils sont soumis à cet acte, et qu'il pourrait bien se faire que cette odeur fût due à un produit sulfuré [1].

L'augmentation de poids du phosphate calcaire et la présence du phosphate de fer qui l'accompagne doivent-elles nous porter à en conclure qu'il se forme du phosphore et du fer pendant l'incubation? Cela résulte évidemment de notre travail, qui a été entrepris exprès dans cette direction; mais, vu toutes les chances d'erreur que nous avons signalées, nous n'oserions prendre la responsabilité d'une telle assertion. Satisfaits d'avoir attiré l'attention des physiologistes sur ce point, nous attendrons que le temps achève ce que nous n'avons pu qu'ébaucher.

EXAMEN DE LA COMPOSITION IMMÉDIATE DES ŒUFS.

Les principes organiques qui dominent dans l'œuf avant l'incubation sont l'albumine et la matière grasse, les globules vitellins et les membranes étant de nature albuminoïde. Après la fécondation, on y trouve encore de l'albumine et de la matière grasse, mais dans des proportions différentes; et de plus, de la fibrine, du tissu cellulaire et du tissu épidermoïde.

Il est très-difficile, pour ne pas dire impossible, d'isoler nettement tous ces produits sans les altérer. Nous dirons plus, et le plus simple examen des phénomènes organiques qui se passent dans l'œuf le prouve suffisamment, il n'y a pas seulement dans l'œuf des produits parfaitement distincts, il y en a de transitoires

[1] Nos analyses ont été faites à une époque où il n'était plus possible de nous assurer, par l'expérience directe, de l'émission d'un produit sulfuré pendant l'incubation, sans quoi nous n'eussions pas manqué de le faire. Nous reviendrons plus tard sur ce résultat.

ou qui sont en voie de formation, et aucune méthode ne peut les isoler d'une manière suffisante sans les altérer. Nous avons employé des moyens simples, faciles à mettre en pratique, dans le but de déterminer au moins des points de comparaison; mais, comme nous l'avons dit, cette partie de nos expériences n'a pu être terminée, par suite d'un accident qui nous a privés de nos produits. On verra, dans l'étude de la composition immédiate de la grenouille à différents âges, un exemple de la méthode que nous avons suivie. Nous ne rapporterons ici que les expériences qui ont été faites pour savoir si la matière grasse des œufs subissait quelque variation dans sa quantité pendant l'incubation.

L'existence d'une matière grasse environnant la vésicule germinative dans les œufs des animaux est un fait si constant, qu'il n'existe pas, pour nous, le moindre doute qu'elle y remplit une des fonctions les plus importantes pour la propagation de l'espèce ou pour la transmission de la vie d'un animal au germe de son espèce. L'absorption de l'oxygène, signalant les premiers moments de cette nouvelle vie qui vient d'être propagée d'un animal à un œuf, la grande tendance des corps gras à absorber l'oxygène sont deux faits qui méritent d'être rapprochés. C'est peut-être par eux que commence l'action chimique qui caractérise la vie; mais, sans aucun doute, elle se propage aux corps azotés, car ceux-ci sont profondément modifiés dans leur composition, comme cela est prouvé par la présence de l'azote dans les produits de la respiration des œufs soumis à l'incubation, et par la formation de tissus d'une composition organique et chimique spéciale, qui n'existaient pas dans l'œuf avant la fécondation et l'incubation.

TRAITEMENT DES ŒUFS COUVÉS ET NON COUVÉS PAR LE ZYMÉTHER, POUR EN SÉPARER ET DOSER LA MATIÈRE GRASSE.

Dix grammes de matière sèche provenant des œufs A, B, C, D (voyez page 67), ont été traités par le zyméther et ont donné un premier résultat. Pensant que la matière n'avait point été suffisam-

ment épurée par le zyméther, de nouvelles expériences ont été entreprises sur d'autres quantités des mêmes œufs. Le résultat de ces expériences se trouve consigné dans les tableaux suivants:

PREMIER RÉSULTAT.

	A		B		C		D	
Matière sèche employée	10gr000	1,0000			10,000	1,0000	10gr000	1,000
Résidu	7, 510	0,7510			7,645	0,7645	7, 950	0,7950
Matières enlevées par le zyméther.	2, 490	0,2490			2,355	0,2355	0, 050	0,0050

SECOND RÉSULTAT.

Matière sèche employée	4, 000	1,00000	5gr000	1,00000			5, 000	1,00000
Résidu	2, 845	0,71125	3, 640	0,72800			3, 740	0,74800
Matières enlevées par le zyméther.	1, 155	0,28875	1, 360	0,27200			1, 260	0,25200

Les produits représentés par *B* dans le premier résultat, et par *C* dans le second, n'ont pas été terminés convenablement; mais, à l'aide du premier tableau, on peut facilement calculer ce que doit être le rendement du produit *C* dans le second. C'est ce qui existe dans le tableau suivant, où les résultats obtenus sont ramenés à l'œuf frais pris pour unité :

QUANTITÉ DE MATIÈRE GRASSE CONTENUE DANS LES ŒUFS COUVÉS ET NON COUVÉS RAMENÉE AU POIDS DE L'ŒUF AVANT L'INCUBATION.

	A	B	C	D
Matière grasse	0,091032	0,089491	0,085122	0,075741
Résidu organique et minéral	0,224228	0,239519	0,238658	0,224819

Il est bien évident que la matière grasse diminue dans les œufs à mesure que l'évolution organique fait des progrès.

RÉSUMÉ RELATIF A LA COMPOSITION DES ŒUFS AVANT ET PENDANT L'INCUBATION.

Les résultats précédents étaient tous rapportés à l'œuf pris comme unité et terme de comparaison avant l'incubation; il suffit de les rassembler. Nous allons rapprocher ainsi les résultats extrêmes de la série de nos expériences, ceux relatifs aux œufs non couvés, et ceux relatifs aux œufs couvés pendant dix-huit jours. Nous les discuterons ensuite.

RÉSUMÉ DES RECHERCHES EXPÉRIMENTALES RELATIVES AUX PHÉNOMÈNES DE L'INCUBATION DES OEUFS DES OISEAUX.

	Œufs non couvés.	Œufs couvés 18 jours.
Perte observée pendant l'incubation	0,000000	0,126330
Oxygène absorbé	0,000000	0,018936
Perte par la dessiccation	0,684740	0,573110
Matières organiques ou combustibles	0,254230	0,241570
Matières anorganiques ou incombustibles	0,061030	0,058090

La somme des éléments de l'œuf non couvé égale 1,000000; celle des éléments de l'œuf couvé égale 1,018936, et dépasse la précédente de toute la quantité d'oxygène absorbé.

Ce tableau résulte uniquement des données expérimentales, excepté la quantité de matière anorganique des œufs couvés, qui a été supposée la même que celle des œufs frais, et dont on a seulement retranché le poids de l'acide sulfurique, dont le soufre disparaît bien certainement en grande partie pendant l'incubation, tandis que l'oxygène se fixe sur la matière organique, ou disparaît avec elle, ce qui ne change rien au calcul.

Si l'on réunit à la matière organique des œufs couvés celle perdue pendant l'incubation, et s'élevant à 0,012708, comme on le verra en faisant la somme de ces matières à l'aide du tableau de la page 630, on trouve 0,254278, qui est presque identique à 0,254230, que l'on rencontre dans l'œuf frais. Mais ce résultat

n'est que fortuit, car la matière minérale a été supposée invariable, et il résulte de l'expérience qu'elle aurait dû être diminuée dans les œufs couvés; de plus, l'oxygène absorbé doit faire partie de la matière organique.

CHAPITRE IX.

INFLUENCE DES CIRCONSTANCES SUR LE DÉVELOPPEMENT DE L'EMBRYON CONTENU DANS LES ŒUFS AÉRIENS DES OISEAUX.

Les conditions nécessaires à la fécondation des embryons contenus dans les œufs aériens sont la fécondation, une température déterminée, la présence d'une certaine quantité d'eau dans l'atmosphère et celle de l'air respirable. Nous allons examiner chacune de ces conditions.

INFLUENCE DE LA FÉCONDATION.

Ainsi qu'on le sait parfaitement, la fécondation par l'intervention du mâle est nécessaire pour que l'évolution organique de l'œuf puisse avoir lieu. Sans cet acte purement vital, toutes les conditions physiques et chimiques seraient insuffisantes pour déterminer le développement d'un être vivant. Nous n'avons rien à ajouter à ce que l'on sait sur la nécessité de cette intervention; seulement nous appellerons l'attention de l'Académie sur quelques faits singuliers.

Indépendamment des conditions organiques propres aux individus, pour que la fécondation puisse s'opérer convenablement, il faut que ceux-ci soient soumis à un bon régime hygiénique, qu'ils soient exposés à la chaleur, à la lumière et qu'ils vivent sans crainte, c'est-à-dire dans un état convenable d'indépendance ou de sécurité.

La nécessité d'une alimentation suffisante n'a pas besoin d'être appuyée par des faits; il est bien évident que, pour qu'un animal fasse plus que de suffire à l'entretien de son propre organisme, pour qu'il produise régulièrement des œufs, il faut lui fournir les

éléments nécessaires à leur création, car ces œufs sont formés aux dépens de l'alimentation ou de sa propre substance; mais au lieu que l'animal dépérisse pour satisfaire à l'ovition, nous avons toujours vu la ponte s'arrêter et les œufs se résorber. Il est probable que cette résorption a lieu pour rétablir l'équilibre dans l'économie animale et pour réparer les pertes éprouvées par suite d'une alimentation insuffisante. Lorsque l'on enlève une poule à ses habitudes en la transportant d'un lieu dans un autre, la ponte s'arrête presque immédiatement, quelquefois pour plusieurs mois.

En 1842 et 1843, nous avons mis deux poules pondantes et un excellent coq dans une cave bien aérée et même bien éclairée par un large soupirail, qui donnait accès aux rayons solaires. Les poules ont continué à pondre pendant quelque temps, mais bientôt elles ont cessé de le faire et n'ont plus repondu; de belles plumes qui ornaient le cou du coq sont tombées et n'ont pas repoussé. Cependant on fournissait à ces animaux une nourriture excellente et variée, en quantité plus que suffisante. Plus tard nous les avons mis à l'air libre dans une vaste cage; les poules se sont aussitôt mises à pondre et de manière à faire deux couvées en une saison. En même temps les plumes du coq ont commencé à repousser.

Il est évident que la basse température de la cave et son humidité ont suffi pour arrêter l'ovition chez les poules; la lumière, quoique assez intense, devait aussi être insuffisante.

Enfin, on sait que la ponte des oiseaux, même en état de domesticité, s'arrête généralement en hiver, et que c'est avec le retour du printemps que recommence la suite des phénomènes relatifs à la ponte et à la fécondation des animaux, époque qui est signalée dans notre hémisphère par le retour à une température plus élevée et à une lumière plus intense et plus persistante que celles de l'hiver.

INFLUENCE DE LA TEMPÉRATURE.

L'influence d'une température déterminée et suffisamment élevée pour que l'évolution embryonnaire des œufs d'oiseaux s'opère,

a été reconnue nécessaire depuis les temps les plus reculés. Les Égyptiens sont parvenus à faire éclore des poulets dans des fours chauffés à une douce température. Réaumur, qui a fait une longue étude de cette question au point de vue de l'économie industrielle, a fixé cette température au 32^{me} degré de son thermomètre, degré qui correspond au 40^{me} du thermomètre centigrade à mercure dont on se sert actuellement. C'est effectivement bien cette température qui convient à l'incubation. Dans les nombreux essais que nous avons faits dans des étuves, nous avons vu que cette température reproduisait le phénomène naturel de la manière la plus exacte et la plus complète. Si la température s'abaisse jusqu'au 38^{e} degré, les phénomènes de l'évolution embryonnaire ont encore lieu, mais ils se succèdent plus lentement; à une température inférieure à 38 degrés, ils s'arrêtent. Si la température s'élève, l'évolution est plus rapide; on peut atteindre le 42^{e} degré sans faire périr les embryons; mais on ne peut dépasser cette température sans éprouver un effet contraire, c'est-à-dire sans arrêter tous les phénomènes vitaux.

Nous avons observé un phénomène assez singulier et inconnu jusqu'à ce jour : c'est qu'à une température d'environ + 50 degrés, continuée pendant un temps assez long, il est vrai, l'albumine s'opacifie et subit ainsi un commencement de coagulation. On admet généralement que ce phénomène n'a lieu qu'à + 70 degrés. Ceci est vrai, mais il faudra admettre maintenant que c'est quand on opère d'une manière brusque; car, comme cela vient d'être dit, en opérant lentement, la coagulation peut avoir lieu à une température beaucoup plus basse.

Nous ajouterons ici, sans en faire un chapitre particulier, ce que l'on sait d'ailleurs, que les phénomènes de l'incubation, comme ceux de la germination, peuvent avoir lieu sans le concours de la lumière.

INFLUENCE DE L'HUMIDITÉ ATMOSPHÉRIQUE.

Les expériences nombreuses et variées que nous avons faites

sur l'incubation des œufs des animaux nous ont permis de constater que la présence d'une certaine quantité d'eau dans l'atmosphère était indispensable pour qu'elle eût lieu.

Si l'on fait couver des œufs dans un vase clos, l'air qu'il contient se trouve bientôt complétement saturé de vapeur à la température où l'on opère; la transpiration de l'œuf se trouve supprimée, et l'embryon qu'il renferme périt infailliblement dans un temps qui varie selon la capacité du vase.

Nous nous sommes assurés de l'exactitude de ce résultat en faisant passer dans l'étuve un courant d'air saturé d'eau, afin d'être bien certains que ce n'est pas le manque d'air qui était cause de l'accident observé; d'une autre part, si l'on cherche à déterminer l'incubation dans un appareil fermé de toutes parts, où l'on a placé un vase contenant de l'acide sulfurique concentré et où l'on établit un courant d'air desséché par le même agent, les embryons des œufs déjà couvés y périssent en peu de temps : dans ce cas, la transpiration de l'œuf dépasse de beaucoup les limites de la transpiration normale, et c'est sans aucun doute la cause qui les fait périr.

L'air desséché par le chlorure calcique, dans les circonstances qui viennent d'être indiquées, ne fait pas périr les embryons aussi rapidement que celui qui a été desséché par l'acide sulfurique concentré, mais il les tue infailliblement.

Tous ces faits, et l'explication que nous leur donnons, sont démontrés d'une manière évidente par la perte de poids éprouvée par les œufs. On sait d'ailleurs que cette perte de poids a déjà été déterminée par Geoffroy-Saint-Hilaire, MM. Dumas et Prévost, M. Chevreul et le docteur Prout. Nous avons répété les expériences de ces savants, et nous avons vu en outre que, dans le cas où l'atmosphère est très-humide, la perte de poids des œufs, dans un temps et à une époque de l'incubation donnés, est de beaucoup inférieure à celle qui a lieu dans les circonstances ordinaires. Dans l'air desséché par le sulfate hydrique, au contraire, cette perte est beaucoup plus considérable, et telle, qu'en

continuant l'expérience, l'œuf serait complétement desséché avant que le temps nécessaire à l'incubation fût écoulé.

Des expériences que nous avons faites et que nous rapporterons plus tard nous ont démontré que l'enveloppe calcaire des œufs des oiseaux avait principalement pour but, non-seulement de leur donner une certaine solidité, mais de régulariser et de modérer l'évaporation du liquide aqueux qu'ils renferment.

Nous devons avouer que ce n'est qu'après beaucoup de tâtonnements que nous sommes parvenus à opérer l'incubation dans des appareils fermés, et que la plus grande difficulté que nous avons rencontrée a été d'entretenir l'air des appareils dans un état d'humidité convenable. Nous nous sommes enfin arrêtés à l'emploi du sel marin ordinaire desséché, comme corps hygroscopique, qui a parfaitement réussi.

Nous croyons devoir placer ici le tableau des observations que nous avons faites sur la perte de poids des œufs pendant l'incubation, en opérant sur trois couvées. Les résultats ont été obtenus en ne pesant qu'un seul œuf à la fois; car, malgré toutes les précautions possibles, on ne pourrait enlever en même temps tous les œufs placés sous une poule sans l'empêcher de couver.

Tableau de la perte de poids éprouvée par les œufs pendant l'incubation naturelle.

JOURS.	PERTE.	JOURS.	PERTE.
1	0,00760	9	0,03422
2	0,01299	9 ½	0,05434
3 ½	0,01595	10 ½	0,05792
4	0,01679	11 ½	0,06002
4 ½	0,01908	12 ½	0,07124
5	0,02384	13 ½	0,07325
5 ½	0,02582	14 ½	0,09500
6 ½	0,03477	16	0,07340
8 ½	0,04732	16	0,10670
8 ½	0,04011	19	0,14596
9	0,04093	21	0,13755
9	0,03058	Poulet criant, coque percée..	0,15955

Les pertes éprouvées par les œufs pendant l'incubation ne se suivent pas avec régularité. Cela tient à ce que tous les œufs d'une même couvée ne sont pas également avancés, parce qu'ils ne sont pas tous soumis à une égale influence de la part de la mère, malgré le soin qu'elle a de les déplacer et de les retourner. Cela devient évident, si l'on songe qu'il peut y avoir jusqu'à trois jours d'intervalle entre l'apparition du premier et du dernier poulet d'une même couvée.

Des observations faites sur des œufs, qui ne sont point inscrites dans le tableau précédent, ont démontré que, lorsque la perte est très-inférieure à celle qui résulte des observations précédentes, les œufs étaient fort en retard ou n'étaient pas fécondés. Cette seule observation suffirait pour établir que la perte de poids éprouvée par les œufs est une chose nécessaire, et qu'elle doit avoir lieu dans de certaines limites.

Huit œufs, pesant ensemble 523 gr. 60875, ont été abandonnés à eux-mêmes à une température de + 15 à 17 degrés pendant cinq jours, et ont perdu 2 gr. 18775; ce qui établit, pour chaque œuf, une perte égale à 0,00082 par jour, ou environ le huitième de celle qui a lieu pendant l'incubation.

La perte moyenne de poids éprouvée par les œufs dans une atmosphère saturée d'humidité à une température de + 37 à + 40 degrés, a toujours été supérieure à 0,00082, et toujours inférieure à la moitié de celle qui a lieu pendant l'incubation normale.

Dans une atmosphère privée d'humidité par l'acide sulfurique, la perte journalière éprouvée par un œuf varie de 0,014 à 0,018, et est au moins le double de la perte normale.

Il résulte des observations précédentes, que la perte de poids éprouvée par les œufs pendant l'incubation est un phénomène nécessaire à l'évolution organique et à la transformation des matériaux alimentaires en tissus déterminés.

On verra, dans l'article suivant, que la perte de poids éprouvée par les œufs est due, non-seulement à une perte d'eau, mais

aussi à une perte d'azote, et qu'elle n'est qu'une perte apparente, parce qu'en même temps il y a une absorption d'oxygène qui la diminue d'une quantité notable. La véritable perte est donc égale à la perte observée, plus le poids de l'oxygène absorbé.

INFLUENCE DE L'AIR.

L'intervention de l'air dans le phénomène de l'incubation est demeurée inconnue jusque dans ces derniers temps. Quelques physiologistes ont tenté des expériences, dont les résultats contradictoires laissaient beaucoup à désirer. Cuvier attachait une grande importance à la solution de cette question, et a témoigné le désir qu'on s'en occupât. Convaincu que l'étude de ce phénomène était effectivement de la plus haute importance pour la physiologie générale, nous nous y sommes appliqués pendant quatre années consécutives, et nous avons constamment varié nos expériences, afin d'obtenir des résultats aussi complets que possible.

Non-seulement nous avons constaté la nécessité de l'intervention de l'air pendant l'incubation des œufs aériens, mais nous ne nous sommes point bornés à ces résultats : nous avons cherché par où et comment les produits de l'incubation se frayaient un passage au travers de la coque de l'œuf. Cela nous a conduits à étudier d'une manière expérimentale la constitution anatomique de cet organe accessoire.

Dans toutes les expériences qui suivent, nous nous sommes servis d'une étuve à triple paroi et à double enceinte, que l'on pouvait chauffer facilement avec des veilleuses. Après quelques tâtonnements, nous sommes parvenus à entretenir cette étuve à une température constante, en faisant varier le nombre des veilleuses et la longueur de leurs mèches. L'étuve interne était en tôle de fer; elle était chauffée extérieurement et renfermée dans une double enveloppe de bois, dont les parois étaient disposées de manière que l'air échauffé passât entre elles avant de se répandre au dehors. La boîte de tôle s'ouvrait en avant, et était percée de deux ouvertures latérales, auxquelles étaient fixées des tubulures des-

tinées à donner passage à des tubes communiquant avec le vase contenant les œufs. (Pl. XV, fig. 1, 2 et 3.)

Dans les premières expériences, les œufs etaient introduits dans un petit panier en fil de laiton, que l'on suspendait à un crochet tenant à la voûte d'une cloche en verre; cette cloche était dressée sur ses bords, et se fixait sur une glace à l'aide de caoutchouc fondu. Sous la cloche, on plaçait un thermomètre et un vase contenant un corps hygroscopique, qui pouvait être pesé quand cela était nécessaire. Ayant constaté, par la suite, que le caoutchouc fondu absorbait l'oxygène, nous l'avons remplacé par un mastic formé de deux parties de cire et d'une de colophane fondues ensemble. Ce dernier mastic est encore celui qui a servi pour enduire les œufs dans les expériences sur les fonctions de la chambre à air.

Dans les dernières expériences, la cloche précédente a été remplacée par une éprouvette placée horizontalement. Cette éprouvette était percée à son sommet pour recevoir un tube, et était fermée à l'aide d'un bouchon de liége, entièrement recouvert du mastic décrit précédemment.

Ce bouchon était aussi traversé par un tube (Pl. XV, fig. 3). A l'aide de ces tubes, il était facile d'établir un courant de gaz dans l'appareil.

Les expériences entreprises dans l'intention de déterminer le rôle de l'air dans l'incubation ont été faites à l'aide d'appareils fort simples et sont faciles à répéter; celles ayant pour but de déterminer les proportions des produits sont d'une exécution plus délicate et exigent des appareils plus compliqués.

Pour réussir dans les expériences qui vont être décrites, il est indispensable d'opérer sur des œufs déjà couvés pendant un certain nombre de jours, et de ne pas les laisser trop longtemps dans l'appareil; sans cette dernière précaution, les embryons qu'ils renferment périssent toujours. Si l'on opère sur des œufs qui n'ont pas encore éprouvé un commencement d'incubation, les résultats sont plus lents à obtenir, et, par cela même, moins évi-

dents, puisque les œufs doivent séjourner dans l'appareil le moins de temps possible.

EXPÉRIENCES QUALITATIVES.

Les phénomènes les plus faciles à démontrer sont la diminution du volume de l'air mis en présence d'œufs fécondés soumis à l'incubation, et le développement de l'acide carbonique.

Absorption de l'oxygène de l'air. — Pour démontrer la diminution du volume de l'air, il suffit d'introduire des œufs, déjà soumis à l'incubation depuis dix jours au moins, dans une cloche, de la placer dans l'étuve, de chauffer celle-ci jusqu'à + 40 degrés, et, lorsque la température est devenue stationnaire, de faire communiquer l'intérieur de cette cloche avec un manomètre à eau; peu à peu on voit le liquide s'élever dans le manomètre, de manière à indiquer une diminution du volume du gaz contenu dans la cloche. (Pl. XV, fig. 4.)

Si l'on continue l'expérience pendant un temps trop considérable, le volume de l'air redevient ce qu'il était primitivement. Nous reviendrons sur ce fait lorsqu'il sera question des fonctions de la chambre à air.

Production d'acide carbonique. — Pour constater la formation de l'acide carbonique, rien n'est plus commode que d'employer un courant d'air déterminé par un vase aspirateur. L'air est d'abord complétement privé d'acide carbonique en traversant une dissolution d'hydrate potassique, puis de longs tubes contenant de la ponce imprégnée de la même dissolution, et enfin des tubes à ponce imprégnée d'acide sulfurique concentré.

L'air complétement privé d'acide carbonique traverse le vase contenant les œufs, et de là on le force à traverser un condenseur de Liebig contenant de l'eau de baryte. (Pl. XV, fig. 7.) Cet appareil donne bientôt l'indice de la présence de l'acide carbonique par la formation d'un dépôt abondant de carbonate barytique. Nous avons constaté, d'ailleurs, que le produit ainsi obtenu

se dissolvait avec effervescence dans l'azotate hydrique, et qu'il y était complétement soluble.

EXPÉRIENCES QUANTITATIVES.

Pour déterminer les quantités relatives de l'air employé et des produits de l'incubation, deux sortes d'appareils ont été mis en usage : les uns étaient à courant constant, les autres à courant alternatif.

A l'aide des premiers appareils, on peut déterminer exactement la perte de poids éprouvée par les œufs, le poids de l'eau et celui de l'acide carbonique exhalés; mais on ne connaît ni la variation du volume de l'air, ni la quantité de l'oxygène absorbé, ni le volume de l'azote exhalé. En faisant usage des derniers appareils, on connaît le volume de l'air au commencement et à la fin de l'expérience, celui de l'azote, celui de l'oxygène et la perte de poids des œufs; mais l'on n'a pas le poids de l'eau exhalée. Enfin, en combinant les deux sortes d'appareils dont il vient d'être question, nous sommes parvenus à réunir tous les éléments du problème et à les déterminer en une même expérience.

EXPÉRIENCES FAITES AVEC DES APPAREILS A COURANT CONSTANT.

L'appareil employé pour ces expériences est représenté pl. XV, fig. 1; il se compose d'abord d'une longue suite de tubes destinés à priver l'air d'eau et d'acide carbonique. L'air passe dans une dissolution de potasse caustique, puis dans un long tube rempli de fragments de ponce imprégnée du même produit, de là sur du chlorure calcique poreux, et de celui-ci sur de la ponce imprégnée de sulfate hydrique. Les tubes communiquent, en outre, avec des flacons remplis des mêmes matières, et présentent ainsi une très-grande surface absorbante. L'air parvient ensuite dans la cloche où se fait l'incubation (là se trouve un vase contenant du chlorure calcique), puis dans une suite de tubes destinés à le dé-

pouiller d'eau et d'acide carbonique. Un tube à chlorure calcique qu'on ne pèse pas termine l'appareil et s'oppose à ce que la vapeur d'eau provenant du vase aspirateur puisse pénétrer dans les tubes collecteurs et vienne troubler les résultats.

Le registre contenant les résultats numériques des expériences est disposé dans l'ordre de cette description. En le consultant, on y trouvera tous les détails désirables. Nous nous bornerons ici à faire connaître les corollaires déduits de chaque mode d'expérimentation.

Corollaire [1]. — Chacune des expériences entreprises dans les appareils à courant constant a été faite sur trois œufs et a duré trois jours; il en résulte que, si l'on divise par 9 le résultat obtenu, on obtient le produit d'un œuf en vingt-quatre heures. On voit ainsi que, dans ce laps de temps, un œuf couvé de neuf à douze jours émet $0^{gr},087$ d'acide carbonique, contenant 0,0023 de carbone provenant de sa propre substance, et que le reste est de l'oxygène emprunté à l'air. Un œuf couvé de seize à dix-neuf jours émet jusqu'à $0^{gr},1997$ d'acide carbonique, contenant $0^{gr},0545$ de carbone et $0^{gr},1452$ d'oxygène.

Ces derniers nombres sont beaucoup plus forts que les précédents, et cela tient à ce que, du seizième au dix-neuvième jour, les organes respiratoires et l'appareil de la circulation sont beaucoup plus développés que du neuvième au douzième jour; puisque ce n'est qu'à la fin de cette dernière époque que l'allantoïde, organe éminemment respiratoire, commence à se souder à la pointe de l'œuf de la poule.

EXPÉRIENCES FAITES AVEC DES APPAREILS A COURANT ALTERNATIF.

Les appareils à courant alternatif comprenaient essentiellement l'étuve qui a été décrite précédemment et deux gazomètres. Ces

[1] Dans les deux expériences relatives à ce corollaire, le poids de l'eau recueillie est beaucoup plus considérable qu'il ne le serait dans l'incubation normale; cela est dû à l'emploi de l'air sec, qui, nous l'avons déjà fait remarquer, produit une évaporation rapide des fluides de l'œuf.

gazomètres étaient en verre, très-longs et très-étroits, afin de rendre les variations de volume faciles à apprécier. Les divisions étaient tracées sur le verre, et chacune d'elles correspondait à 10 centimètres cubes; il était facile de les subdiviser par approximation.

L'intérieur du vase contenant les œufs communiquait de chaque côté avec un des gazomètres. Ces appareils étaient maintenus dans une dépendance mutuelle à l'aide d'une corde de soie qui les tenait suspendus sur deux poulies, de telle manière qu'en abaissant l'un d'eux, l'autre montait, et *vice versa*. L'inspection des pl. XVII et XVIII fera comprendre facilement cette disposition.

L'air dans lequel on opérait l'incubation était ainsi clos de toutes parts, et l'on pouvait facilement le faire circuler dans l'appareil, de manière à l'y renouveler et à en opérer le mélange intime.

Entre les vases contenant les œufs et les gazomètres, on pouvait placer à volonté une suite d'appareils collecteurs propres à dépouiller l'air de l'eau et de l'acide carbonique qu'il pouvait contenir. Cette modification a été indiquée toutes les fois qu'il en a été fait usage.

Les œufs étant introduits dans l'appareil après avoir été pesés, et celui-ci étant fermé, on attendait quelques instants pour que l'équilibre de la température pût s'établir. On régularisait les niveaux intérieur et extérieur du liquide contenu dans les gazomètres, et l'on procédait à la détermination des données expérimentales qui devaient précéder l'expérience. Ces données étaient la température de l'étuve, celle des gazomètres, la pression barométrique, le volume du gaz constaté à l'aide des gazomètres, et l'heure à laquelle commençait l'expérience. Alors on allumait l'étuve et l'on en fermait les portes.

Pendant toute la durée de l'expérience, on faisait marcher les gazomètres afin de faire circuler l'air dans l'appareil et d'en opérer le mélange. A la fin, surtout, cette dernière opération était répétée rapidement et un grand nombre de fois de suite.

A la fin de l'expérience, on notait la date et l'heure, on éteignait les veilleuses, l'étuve était ouverte, et l'on attendait qu'elle fût refroidie à la température ambiante; alors on déterminait de nouveau la température de l'étuve et celle des gazomètres, la pression, le volume des gaz, et enfin, on détachait un gazomètre, celui qui porte un robinet dans la planche; et, en opérant une pression sur l'un d'eux et tournant le robinet, on pouvait déterminer l'écoulement du gaz qu'ils renfermaient et le recueillir pour le soumettre à l'analyse.

La quantité d'acide carbonique a été déterminée en absorbant ce gaz par la potasse et en opérant sur l'eau; celle de l'oxygène l'a été par l'hydrogène à l'aide d'un eudiomètre. Le phosphore n'a été employé que lorsque les mélanges n'étaient point inflammables par l'étincelle électrique; car les résultats obtenus par cet agent ne peuvent inspirer la moindre confiance, même en faisant une correction pour la vapeur de phosphore qui pourrait rester mélangée avec l'azote. A la suite de plusieurs de ces expériences, les chambres à air des œufs ont été ouvertes sous l'eau, et l'on a procédé à l'analyse du gaz qu'elles renfermaient. Quelquefois on mêlait le gaz contenu dans les chambres de plusieurs œufs; quelquefois on opérait sur chaque œuf en particulier.

Enfin les œufs étaient ouverts, et l'on examinait avec soin l'état dans lequel ils se trouvaient.

Pour le détail des expériences faites dans les appareils à courant alternatif, il importe de recourir au registre des expériences. Chacune d'elles est suivie d'un corollaire spécial qui en présente le résultat numérique.

Les trois expériences commencées le 11 mai 1844, le 9 juin et le 11 août de la même année, ont marché dans le même sens et donnent lieu aux observations suivantes:

1° Après l'expérience, l'oxygène est toujours en quantité beaucoup plus faible qu'avant; sa quantité s'abaisse jusqu'à 0,1028 du gaz contenu dans l'appareil, au lieu de 0,2081 qui s'y trouvait avant qu'elle commençât.

2° Il y a toujours production d'acide carbonique : la quantité de ce gaz croît jusqu'à 0,0456, au lieu de 0,0003 à 0,0005 qui se trouvent ordinairement dans l'air.

3° Le volume de l'oxygène restant dans l'appareil, ajouté à celui de l'acide carbonique produit, ne représente point l'oxygène contenu dans l'air avant l'expérience.

Tout en donnant de nouveaux renseignements, les expériences précédentes laissaient encore beaucoup à désirer; car, indépendamment de ce qu'elles ne donnaient pas des nombres absolus, la disparition de l'oxygène pouvait être interprétée de plusieurs manières différentes : 1° il avait pu être simplement absorbé; 2° il avait pu demeurer en quantité invariable et l'azote avait pu se dégager; 3° enfin de l'oxygène avait pu être absorbé, et de l'azote avait pu être exhalé dans le même temps.

Il importait donc d'entreprendre une nouvelle série d'expériences. Celles des 16 juin 1844, 26, 28 juin 1845 et 1er juillet de la même année, ont été entreprises pour résoudre les questions précédentes; elles font connaître :

1° Le volume de l'air employé et la variation qu'il éprouve pendant l'incubation;

2° La quantité d'oxygène absorbé;

3° Celle de l'acide carbonique exhalé;

4° La variation du volume de l'azote.

On connaît d'ailleurs, comme dans les cas précédents, la perte de poids éprouvée par les œufs; mais la quantité d'eau produite n'est pas donnée directement, et elle n'a pu être déduite que par le calcul.

En général, les expériences faites dans l'appareil à courant alternatif conduisent au corollaire suivant :

Indépendamment de la production de l'acide carbonique, les œufs absorbent de l'oxygène et exhalent de l'azote pendant l'incubation. Le carbone brûlé ne peut être déduit que du volume de l'acide carbonique produit. Quant à l'eau qui n'a pu être recueillie, elle a été calculée en considérant que la perte de poids des œufs

ne représente pas leur perte réelle, puisqu'ils absorbent de l'oxygène; car cette perte, plus le poids de l'oxygène absorbé, doit donner une somme égale aux poids réunis de l'eau, de l'azote et du carbone exhalés. Ceci donne naissance à une équation, dans laquelle la quantité de l'eau est la seule inconnue : il est donc facile de la connaître.

On verra plus tard qu'indépendamment de l'eau, de l'azote et du carbone, les œufs perdent un produit sulfuré, dont la quantité n'a pas encore pu être déterminée directement; la quantité d'eau obtenue par le calcul serait donc à diminuer de toute la quantité du produit sulfuré, si celle-ci était exactement connue.

Dans les expériences précédentes, la quantité d'acide carbonique exhalé est toujours plus faible que celle de l'oxygène absorbé; mais il se pourrait bien que ces deux quantités fussent égales, car nous avons opéré avec des gazomètres à eau, dans lesquels celle-ci était recouverte d'un opercule de liége verni, il est vrai; cependant il a pu se perdre une petite quantité de gaz, quoique nous nous soyons assurés qu'en remplissant la cuve des gazomètres avec de l'eau distillée bouillie, elle ne donnait point l'indice de la présence de l'acide carbonique par l'eau de baryte à la fin de l'expérience.

EXPÉRIENCES FAITES DANS UN APPAREIL COMPLET.

Les renseignements donnés par les expériences précédentes sont très-importants, puisqu'ils permettent de constater directement la formation de l'acide carbonique, la diminution de l'oxygène, l'exhalation de l'azote et la perte de poids des œufs; cependant, afin d'obtenir des renseignements encore plus précis et plus complets, des appareils ont été combinés de manière à avoir, comme précédemment, la perte de poids des œufs, la variation totale du volume de l'air, la diminution de l'oxygène, l'exhalation de l'azote et de l'acide carbonique par des pesées, et, de plus, le poids de l'eau exhalée.

L'appareil employé, semblable aux précédents, possède, en outre, de chaque côté et entre le récipient de l'étuve et les gazomètres, une série de tubes collecteurs propres à absorber l'eau et l'acide carbonique. Entre les tubes et les gazomètres, il y avait un long tube en U rempli de ponce et de sulfate hydrique, puis une grande éprouvette à pied, contenant une quantité considérable de chlorure calcique, poreux; de telle manière que l'air, venant des gazomètres et s'échappant avec une vitesse convenable, devait se dépouiller complétement d'humidité. (Pl. XVIII.)

Tout en signalant les avantages offerts par l'appareil qui vient d'être décrit, il est convenable d'en faire connaître les inconvénients. Dans cet appareil, les œufs sont soumis à l'influence de l'air complétement dépouillé d'humidité, et ils y souffrent réellement : aussi l'expérience ne doit-elle durer que le moins de temps possible; en outre, l'appareil est si compliqué que l'on ne peut avoir la certitude qu'il ferme parfaitement, et que l'on est exposé ainsi à une grande chance d'erreur. L'expérience qui va être décrite a été reprise trois fois, et ce n'est que la dernière qui nous a paru marcher régulièrement, encore présente-t-elle un résultat qui renferme une anomalie ou une erreur.

Le récipient à œufs de l'étuve contenait du sel marin desséché; les tubes collecteurs formaient deux séries semblables, une à droite et une à gauche, et étaient ainsi disposés, en allant de l'étuve aux gazomètres :

N° 1. Tube à sulfate hydrique concentré;
N° 2. Tube à sulfate hydrique concentré;
N° 3. Ponce et potasse dissoute;
N° 4. Sulfate hydrique;
N° 5. Sulfate hydrique non pesé.

Le n° 1 était destiné à recueillir l'eau du récipient aux œufs échappée à l'action du sel marin; le n° 3 devait absorber le gaz carbonique; les n^{os} 2 et 4 avaient pour but de recueillir l'eau d'évaporation des tubes à potasse, quel que fût le sens du courant de

l'air; enfin le n° 5 achevait de dessécher l'air venant des gazomètres, et qui avait passé sur du chlorure calcique.

Les trois expériences faites avec l'appareil qui vient d'être décrit ont toujours indiqué une perte d'eau et d'acide carbonique pour les œufs, et une perte d'oxygène pour l'air, ainsi que cela a été constamment observé dans les expériences précédentes. Celle du 15 juillet 1844 est la seule qui ait donné des résultats véritablement convenables, et ils viennent confirmer ce qui avait été établi précédemment.

ŒUFS DES REPTILES ET DES MOLLUSQUES TERRESTRES.

Des expériences du même ordre que celles décrites précédemment ont été faites sur des œufs d'animaux des classes inférieures aux oiseaux. Les œufs sur lesquels on a opéré sont ceux de la couleuvre à collier, du lézard gris et de l'*helix hortensis*, L.

ŒUFS DE LA COULEUVRE A COLLIER.

Première expérience. — Le 20 juillet 1844, à huit heures du soir, dix œufs de couleuvre à collier ont été placés dans un vase fermant bien (pl. XVI, fig. 2), muni de deux tubes opposés, dont l'un communiquait avec un appareil destiné à le priver d'acide carbonique, et l'autre, avec un condenseur de Liebig contenant de l'eau de baryte. Le condenseur était réuni à un vase aspirateur qui permettait de faire passer un courant d'air dans tout l'appareil. Avant d'arriver dans le vase aux œufs, l'air passait dans un flacon barboteur rempli d'une dissolution concentrée de potasse caustique; de là, dans un long tube en U, rempli de ponce imprégnée de la même dissolution; de là, dans un tube contenant de la ponce et de l'eau distillée destinée à entretenir les œufs dans un état convenable d'humidité. En peu de temps l'eau de baryte a été troublée, et le lendemain, 21 juillet à dix heures du matin, il y avait une quantité considérable de carbonate barytique formé dans le condenseur. (V. la fig. 1, pour la disposition de l'appareil.)

Il résulte de cette expérience que les œufs de la couleuvre à collier émettent du gaz carbonique pendant l'incubation, de même que ceux des oiseaux. Cette production d'acide carbonique, qui est, à n'en pas douter, le résultat d'une véritable combustion, est sans doute la cause à laquelle il faut attribuer l'élévation de température des œufs des ophidiens pendant l'incubation; phénomène qui a été observé, d'une manière très-positive, par M. Valenciennes, sur les œufs du python à double raie.

Deuxième expérience. — Le 21 juillet, les œufs de l'expérience précédente ont été pesés, puis introduits dans le même vase et placés dans l'étuve, et celui-ci mis en communication avec les gazomètres, après avoir enlevé les éprouvettes à chlorure calcique, afin de conserver à l'air l'humidité qui convient pour ces sortes d'œufs, qui sont privés d'enveloppe calcaire et se dessèchent très-facilement. Les résultats obtenus sont consignés dans le registre qui accompagne ce travail. Cette expérience a démontré que dans l'incubation des œufs aériens de la couleuvre, comme dans celle des œufs aériens des oiseaux il y a de l'acide carbonique produit, et que le volume de ce gaz, ajouté à celui de l'oxygène restant dans l'air, ne reproduit pas celui qui s'y trouvait auparavant; d'où il faut conclure que de l'oxygène a été absorbé. Le calcul total de l'expérience a, de plus, démontré qu'il y avait eu de l'azote exhalé.

Troisième expérience. — Le 23 juillet 1845, vingt-deux œufs de couleuvre à collier ont été introduits dans le récipient de l'étuve.

Cette expérience a donné des résultats entièrement conformes à ceux donnés par les œufs de poule, à cela près que l'azote exhalé est en quantité relativement plus faible que celui émané de ces derniers œufs.

OEUFS DU LÉZARD GRIS.

Des œufs de lézard gris ont été introduits dans un petit vase soumis à un courant d'air privé d'acide carbonique, qui passait en-

suite dans un condenseur de Liebig contenant de l'eau de baryte, comme dans la première expérience sur les œufs de couleuvre. Ils ont donné naissance à du carbonate barytique, ainsi que l'on devait s'y attendre.

ŒUFS DE L'*HELIX HORTENSIS*, L.

Le 14 juillet 1844, vingt-sept œufs de l'*helix hortensis* sont introduits dans un large tube de verre contenant du sable mouillé. Ce sable avait été chauffé au rouge blanc et agité au contact de l'air à cette haute température, afin qu'il ne renfermât plus aucune matière carbonée pouvant donner du gaz carbonique.

Ce tube ainsi disposé a été soumis à un courant d'air privé d'acide carbonique, qui se rendait ensuite dans un condenseur de Liebig contenant de l'eau de baryte, comme dans les expériences précédentes. Cet appareil est représenté pl. XVI, fig. 1. Du carbonate de baryte s'est formé dans le condenseur, et nous en avons constaté la nature en le dissolvant dans l'azotate hydrique.

L'expérience a marché pendant trois jours; les œufs du limaçon n'ont pas souffert, car nous les avons gardés dans de la terre humide, où ils sont éclos, et le 18 octobre 1844, les animaux qui en sont provenus vivaient encore.

RÉSUMÉ GÉNÉRAL DES EXPÉRIENCES RELATIVES AUX PHÉNOMÈNES DE L'INCUBATION DES ŒUFS AÉRIENS.

Les œufs aériens des oiseaux, des reptiles proprement dits et des mollusques terrestres, donnant naissance à de l'acide carbonique pendant l'incubation, on doit regarder ce fait comme étant général dans la nature, et il est éminemment probable que, dans tous les cas, il y a exhalation d'azote et absorption d'oxygène.

Tous les éléments relatifs à l'influence de l'air atmosphérique sur les œufs aériens se trouvent réunis dans le tableau suivant.

RÉSUMÉ DES COROLLAIRES RELATIFS AUX PHÉNOMÈN

DATES des EXPÉRIENCES.	NOMBRE des ŒUFS, ÂGE D'INCUBATION ET OBSERVATIONS.	NOMBRE des ŒUFS.	POIDS initial des ŒUFS.	DURÉE de L'EXPÉRIENCE.	PERTE de POIDS.
					RÉSULTAT DIRI
16 juin 1844	Œufs couvés naturellement pendant 15 jours	4	219gr770	52h45m	2gr705
26 juin 1845.	Œufs de poule incubés naturellement	2	111, 500	24,00	0, 795
28 juin 1845.	Œufs de poule couvés naturellement depuis 13 jours	3	188, 450	19,45	0, 810
1er juillet 1845.	——— depuis 15 jours	3	165, 480	18,00	0, 72
23 juillet 1845.	Œufs de couleuvre à collier	22	100, 350	46,25	11, 380
					RÉSULTAT DONNÉ P
16 juin 1844.	Œuf de poule couvé naturellement pendant 14 jours	1	54, 942	24,00	0, 350
26 juin 1845.	Œuf de poule couvé naturellement	1	55, 750	*Idem.*	0, 307
28 juin 1845.	——— naturellement pendant 13 jours	1	62, 810	*Idem.*	0, 322
1er juillet 1845	Œuf de poule couvé naturellement pendant 15 jours (bon état)	1	55, 160	*Idem.*	0, 322
	Moyenne des quatre observations	»	57, 165	*Idem.*	0, 328
23 juillet 1845.	Œuf de couleuvre	1	4, 560	*Idem.*	0, 267
					RÉSULTAT DONNÉ EN 24 HEURES PAR UN O
16 juin 1844.	Œuf couvé naturellement pendant 15 jours		100, 000	24,00	0, 637
26 juin 1845.	——— pendant 10 jours	»	»	*Idem.*	0, 551
28 juin 1845.	——— pendant 13 jours		»	*Idem.*	0, 530
1er juillet 1845.	——— pendant 15 jours	»	»	*Idem.*	0, 583
	Moyenne des quatre observations	»		*Idem.*	0, 575
23 juillet 1845.	Œuf de couleuvre	»	»	*Idem.*	5, 864

OBSER

1° La perte de poids des œufs est donnée par deux pesées directes faites, l'une avant, l'autre après l'expérience;

2° Le volume de l'oxygène employé a été déterminé directement : son poids est calculé;

3° Le volume de l'oxygène absorbé est la diffé celui contenu dans le gaz carbonique : son poids est

4° Le volume du gaz carbonique et celui du gaz te

RESPIRATOIRES DES ŒUFS AÉRIENS SOUMIS À L'INCUBATION.

GAZ OXYGÈNE EMPLOYÉ. Volume.	GAZ OXYGÈNE EMPLOYÉ. Poids.	GAZ OXYGÈNE ABSORBÉ. Volume.	GAZ OXYGÈNE ABSORBÉ. Poids.	ACIDE CARBONIQUE. Volume.	ACIDE CARBONIQUE. Poids.	GAZ AZOTE EXHALÉ. Volume.	GAZ AZOTE EXHALÉ. Poids.	CARBONE BRÛLÉ.	EAU EXHALÉE.	DIMINUTION du volume de l'air.
D L'EXPÉRIENCE.										
542cc27	0gr7809	314cc08	0gr4523	228cc19	0gr4514	77cc48	0gr0976	0gr1264	0gr9333	236cc60
149, 60	0, 2154	82, 78	0, 1192	66, 82	0, 1323	37, 90	0, 0477	0, 0373	0, 8292	44, 88
103, 91	0, 1496	71, 62	0 ,1031	32, 29	0, 0639	33, 62	0, 0423	0, 0281	0, 9835	38, 00
256, 60	0, 3695	132, 10	0 ,1902	124, 50	0, 2465	67, 10	0, 0845	0, 0672	0, 7645	65, 00
271, 00	0, 3902	138, 00	0, 1976	133, 00	0, 2633	28, 00	0, 0353	0, 0737	11, 4686	110, 00
U ŒUF EN 24 HEURES.										
61, 58	0, 0888	35, 71	0, 0514	25, 94	0, 0516	8, 81	0, 0111	0, 0102	0, 3355	26, 90
74, 80	0, 1077	41, 35	0, 0596	33, 41	0, 0661	18, 95	0, 0238	0, 0187	0, 4146	22, 44
42, 74	0, 0615	29, 46	0, 0424	13, 28	0, 0263	13, 83	0, 0174	0, 0115	0, 4045	1, 95
113, 95	0, 1640	58, 65	0, 0844	55, 30	0, 1095	29, 79	0, 0375	0, 0298	0, 3397	29, 08
73, 27	0, 1055	41, 29	0, 0595	31, 98	0, 0634	17, 84	0, 0225	0, 0176	0, 3736	20, 09
6, 3685	0, 0092	3, 24	0, 0046	3, 125	0, 0062	0, 658	0, 00083	0, 0017	0, 2695	2, 58
RAMENÉ AU POIDS DE 100 GRAMMES PAR LE CALCUL.										
112, 08	0, 1616	65, 07	0, 0935	47, 21	0, 0939	16, 03	0, 0202	0, 0185	0, 0106	48, 96
135, 63	0, 1932	74, 17	0, 1068	59, 94	0, 1185	33, 99	0, 0426	0, 0334	0, 7437	40, 25
68, 06	0, 0980	46, 90	0, 0675	21, 14	0, 0418	22. 02	0, 0277	0, 0183	0, 6441	3, 10
206, 58	0, 2973	105. 60	0, 1630	100, 25	0, 1985	54, 00	0, 0679	0, 0540	0, 6158	52, 72
130, 59	0, 1875	72, 94	0, 1052	57, 14	0, 1082	31, 51	0, 0396	0, 0310	0, 6285	38, 77
139, 68	0, 2039	71, 05	0, 1017	68, 53	0, 1359	14, 43	0, 0182	0, 0379	5, 9100	56, 57

TIONS.

en[illegible] le volume de l'oxygène employé ou disparu, et cu[illegible]
es[illegible]és ont été observés directement: leur poids est calculé;

5° Le poids du carbone brûlé est déduit par le calcul de celui de l'acide carbonique formé;

6° Le poids de l'eau exhalée par les œufs a été calculé. (Voir l'équation qui donne la quantité d'eau, page 620.)

RÉSUMÉ GÉNÉRAL ET COMPARATIF DES MODIFICATIONS QUI SURVIENNENT DANS L'ŒUF DE LA POULE PENDANT L'INCUBATION.

L'ensemble des observations relatives aux œufs aériens se trouve résumé dans le tableau suivant[1], où l'œuf de la poule est comparé avant et après une incubation de 18 jours.

		ŒUFS NON COUVÉS.	ŒUFS COUVÉS 18 JOURS. DÉTAIL.	ŒUFS COUVÉS 18 JOURS. RÉSUMÉ.
Perte réelle pendant l'incubation	Eau		0,123130	0,136705
	Carbone	//	0,005580	
	Azote		0,007128	
	Sulfure hydrique	//	0,000867	
Perte pendant la dessiccation, ou eau et matières volatiles		0,684740	0,584302	0,584302
Matières combustibles	Graisses	0,091032	0,075741	0,238939
	Azotées et autres	0,163198	0,143038	
Oxygène absorbé		//	0,018936	
Oxygène de l'acide sulfurique		//	0,001224	
Matières minérales	Carbonate calcique	0,048300	0,048300	0,058990
	Phosphate calcique	0,010690	0,010690	
	Acide sulfurique	0,002040	Indices.	
	Sels divers	Indices.	Indices.	
	Silice	Indices.	Indices.	

[1] Ce dernier tableau a été calculé à l'aide des résultats précédents, en rapportant les changements éprouvés par l'œuf pendant l'incubation à l'œuf qui n'y a pas été soumis.

Les nombres de la première colonne sont directement donnés par l'expérience, et tirés des tableaux précédents; la somme de ces nombres égale l'unité.

Les nombres de la deuxième colonne sont déduits des précédents, à l'aide de toutes les expériences décrites dans ce mémoire.

La perte pendant l'incubation égale 0,136705. Le détail de cette perte est tiré de la moyenne des renseignements fournis par le grand tableau relatif aux phénomènes physiologiques de l'incubation. Ces moyennes, divisées par 100 et multipliées par 18 ou le nombre des jours de l'incubation, donnent une somme égale à 0,135838, qui n'est inférieure au nombre précédent que de la quantité du sulfure hydrique dégagé.

0,000867 est le sulfure hydrique donné par le soufre contenu dans l'œuf frais, à l'état d'acide sulfurique, ou plutôt de sulfate glycérique.

L'oxygène est déduit du tableau indiqué précédemment.

La matière grasse est donnée, de part et d'autre, directement par l'expérience.

La matière azotée de la deuxième colonne est celle de la première diminuée du carbone, de l'azote et du sulfure hydrique, perdus pendant l'expérience.

La perte pendant la dessiccation, ou 0,584302, est la quantité qui était nécessaire pour

A la simple inspection du tableau précédent on voit que, pendant l'incubation, les œufs perdent de l'eau, du carbone, de l'azote et du soufre. La diminution de la matière grasse et de la matière azotée démontre que ces deux sortes de matières sont appelées à fournir les éléments recueillis comme produits de la respiration de l'œuf pendant l'incubation. Ce tableau démontre encore d'une manière évidente, comme cela, d'ailleurs, a déjà été établi précédemment, que l'œuf incubé est plus oxygéné que l'œuf qui n'a point été soumis à l'incubation, tant par la perte de certains éléments que par l'absorption directe de l'oxygène atmosphérique, et par la fixation de celui qui était contenu dans le sulfate glycérique.

Il faut dire, en outre, qu'une partie de l'albumine se transforme en fibrine par une nouvelle répartition de la matière anorganique, qu'il se forme du tissu cellulaire par la combustion partielle et l'oxygénation de l'albumine[1], et, de plus, de la matière épidermoïde.

Il résulterait, en outre, de nos expériences, que du phosphore et du fer seraient créés pendant l'incubation; mais nous avons déjà dit que nous n'admettions pas ce résultat, au moins pour le présent. Nous nous proposons de revenir sur l'ensemble de ce travail, et de vérifier ces faits sur une échelle suffisante, et dans des conditions telles, que l'expérience que nous avons acquise relativement à ces matières puisse nous permettre de porter un jugement définitif.

compléter l'unité, et ne s'éloigne que fort peu de la perte observée, qui est 0,573110, et, il faut le dire, en opérant sur des œufs différents, puisque cela ne pouvait être autrement.

La somme des matières minérales a été supposée invariable; seulement le poids de l'acide sulfurique, dont le soufre disparaît, a été réparti en deux endroits différents; le soufre, à l'état de sulfure hydrique, parmi les produits perdus pendant l'incubation, et l'oxygène, avec la matière organique dont il concourt à augmenter le poids, avec l'oxygène atmosphérique absorbé.

Quoique les nombres de cette colonne soient tirés de tant d'expériences différentes, ils ne présentent pas moins un accord remarquable, et qui doit être très-rapproché de l'exacte vérité.

La somme de la première colonne égale l'unité; la somme de la deuxième égale l'unité, plus l'oxygène absorbé, comme cela devait être; la troisième colonne ne fait que résumer la deuxième.

[1] Voyez le Traité de chimie de M. Baudrimont, t. II, p. 875 et 876.

CHAPITRE X.

EXPÉRIENCES TOXICOLOGIQUES FAITES SUR DES ŒUFS DE POULE SOUMIS À L'INCUBATION.

Pour compléter notre travail sur la respiration des œufs pendant l'incubation, il était important de rechercher l'influence que les gaz irrespirables exercent sur eux. Le manque d'air, un excès ou un défaut de transpiration pouvant empêcher l'évolution embryonnaire d'avoir lieu, il n'était pas douteux qu'il en serait de même en plaçant les œufs dans des gaz incapables d'entretenir la respiration, malgré les assertions contraires de M. Erman. Nous avons opéré avec l'oxygène, l'hydrogène et l'acide carbonique: chacun de ces gaz a donné lieu à des phénomènes dignes du plus haut intérêt au point de vue des modifications apportées dans l'évolution des embryons et de leurs annexes.

L'appareil se composait de l'étuve et de deux gazomètres. Il ne pouvait être rempli que par déplacement, aussi n'avons-nous jamais opéré sur des gaz parfaitement purs; mais les gaz employés ont toujours été soumis à l'analyse, afin d'apprécier leur degré de pureté.

INCUBATION DANS L'OXYGÈNE.

Deux expériences ont été entreprises pour connaître l'influence de l'oxygène gazeux sur les œufs soumis à l'incubation. Elles ont donné les résultats suivants :

PREMIÈRE EXPÉRIENCE.

Gaz oxygène employé	649cc	0gr9436
Gaz oxygène absorbé	351	0,5054
Gaz oxygène dans le gaz carbonique produit	298	0,4291
Gaz azote exhalé	22	0,0277

DEUXIÈME EXPÉRIENCE.

Gaz oxygène employé	136cc1	0gr1960
Gaz oxygène dans le gaz carbonique	29,9	0,0430

Gaz oxygène absorbé	106cc2	0gr1529
Gaz carbonique produit	29, 9	0, 0592
Gaz azote exhalé	17, 2	0, 0216
Carbone dans le gaz carbonique	»	0, 0161

(Pour les détails, il importe de consulter le registre des expériences.)

Il résulte des expériences précédentes que les résultats obtenus en soumettant les œufs à l'incubation dans le gaz oxygène sont de même ordre que ceux observés quand ils sont plongés dans l'air, puisqu'il y a de l'oxygène absorbé, de l'acide carbonique et de l'azote exhalés; mais les œufs subissent des altérations profondes. A l'autopsie on trouve que l'embryon est rouge et les vaisseaux sanguins fortement colorés. *L'allantoïde est très-résistante et a plus d'un millimètre d'épaisseur.* L'amnios est rempli d'un liquide rouge cerise; ce liquide contient des globules sanguins extravasés; ces globules, très-visibles au microscope, sont gonflés, beaucoup plus denses que le liquide dans lequel ils sont immergés, et se déposent rapidement à sa partie inférieure. Le liquide amniotique s'altère rapidement et répand alors une forte odeur d'urine putréfiée. L'albumen est très-visqueux et presque membraneux; il est solidifié et blanchi dans quelques parties, qui présentent l'aspect de l'albumine cuite.

INCUBATION DANS L'HYDROGÈNE.

Un essai a été fait le 16 juillet 1846; les détails en sont consignés dans le registre aux expériences.

L'appareil n'a pu être rempli que par déplacement et il y est resté de l'air. Cet air, dont il a d'ailleurs été tenu compte par l'analyse, n'a pas troublé les résultats négatifs qui étaient attendus et que l'on eût eus d'une manière moins sensible peut-être en faisant usage d'hydrogène pur; car les embryons eussent été asphyxiés immédiatement, et n'eussent, sans aucun doute, présenté rien de bien remarquable à l'autopsie, tandis qu'ils ont donné lieu à des observations vraiment dignes du plus vif intérêt. Ils ont offert un contraste frappant avec ceux soumis à l'action de l'oxy-

gène. En ouvrant les œufs par la chambre à air, on en aperçoit le fond, qui est jaune; l'embryon est pâle, *en partie résorbé* et couvert d'un lambeau de membrane indéterminable. On n'aperçoit aucune trace de vaisseaux ni d'allantoïde; le jaune a perdu sa consistance, et il ne reste que très-peu d'albumen interne.

Il résulte de cette observation que, sous l'influence du gaz hydrogène, le sang et les tissus sont profondément altérés; que celui-là se décolore complétement et que ceux-ci sont résorbés.

INCUBATION DANS LE GAZ CARBONIQUE.

19 juillet 1845. — Trois œufs de poule, couvés naturellement depuis le 5 du mois courant, sont placés dans l'appareil à incubation, que l'on remplit de gaz carbonique par voie de déplacement; toutes les mesures sont prises, comme dans les expériences précédentes, pour obtenir des résultats complets; mais il y a une forte absorption de gaz par l'eau des gazomètres, et ces mesures sont ainsi devenues inutiles.

Avant l'expérience, le gaz de l'appareil contenait $0^{gr},9164$ d'acide carbonique; le reste était de l'air.

A la fin de l'expérience, le gaz contenu dans les chambres à air des œufs fut soumis à l'analyse par la potasse et le phosphore. Il a donné:

	N° 1.	N° 2.
Gaz carbonique	0,0163	0,0866
Gaz oxygène	0,1493	0,1729
Gaz azote	0,8344	0,7405

Un des œufs soumis à l'incubation dans le gaz carbonique a pu être complétement dénudé de sa coque calcaire sans éprouver aucune rupture. L'allantoïde présente de véritables ecchymoses; le sang a une couleur rouge vif, comme celle du sang artériel. Plusieurs vaisseaux sont blancs, parce qu'ils ne renferment plus de sang; d'autres présentent encore un filet rouge, et sont accom-

pagnés d'un filet blanc : on ne peut déterminer lequel des deux est une veine ou une artère. Il est toutefois probable que c'est le système artériel qui est vide, puisque la respiration n'a pu avoir lieu, et que le sang a dû s'arrêter dans les capillaires de l'allantoïde où commence l'hématose.

COROLLAIRE.

Les expériences toxicologiques dont le résultat est consigné dans ce paragraphe confirment parfaitement toutes celles qui précèdent, et démontrent comme elles la nécessité de l'intervention de l'oxygène pendant l'incubation des œufs aériens. Elles démontrent en outre, comme celles du même ordre faites sur des têtards de batraciens, que ce qui est vénéneux pour les animaux adultes l'est aussi, et de la même manière, pour les embryons de ces mêmes animaux. Ces sortes d'expériences offrent, en outre, un grand intérêt par la nature des altérations produites par des agents déterminés. Les effets produits par l'oxygène, l'hydrogène et le gaz carbonique sont très-remarquables et fort distincts : ces deux derniers gaz ne peuvent point être considérés comme inactifs et seulement comme ne pouvant remplacer le gaz oxygène, car ils produisent des effets qu'il est impossible de confondre. Les expériences faites sur les têtards ont prouvé que l'hydrogène est réellement vénéneux ; c'est un agent réduisant qui, mis en contact avec le sang des capillaires, doit s'opposer complétement à l'hématose. Mais il fait plus encore, car il détruit le résultat de l'hématose, puisqu'il décolore complétement le sang, et qu'il fait que les éléments des organes disparaissent. Il est probable que les agents réduisants en général, tels que le grisou, qui est un protocarbure d'hydrogène, et quelques émanations miasmatiques, peuvent agir comme l'hydrogène. C'est peut-être une certaine quantité de grisou répandue dans l'atmosphère des mines d'Anzin, qui a donné lieu à l'anémie épidémique qui a frappé les ouvriers de ces mines en 1811.

Il est bien désirable que l'on entreprenne des expériences

complètes sur la respiration de l'homme et des animaux adultes, du même ordre que celles qui sont consignées dans ce mémoire, et qu'on les fasse comparativement sur des individus atteints de différentes affections morbides : on y trouverait de précieux renseignements sur l'étiologie des maladies. Déjà nous avons fait construire des appareils considérables, et des expériences ont été tentées dans cette direction; mais nous n'avons pu encore y consacrer le temps nécessaire pour en tirer des conséquences utiles; il est bien désirable aussi que l'on perfectionne les moyens employés pour analyser l'air, et qu'on les rende aussi simples que possible, afin qu'un grand nombre de médecins puisse les mettre en pratique. On obtiendrait ainsi une foule de renseignements sur les causes des maladies.

CHAPITRE XI.

EXPÉRIENCES RELATIVES À LA STRUCTURE ET AUX FONCTIONS DE LA COQUE DE L'ŒUF DES OISEAUX.

Sachant que la coque de l'œuf est perméable aux fluides élastiques, nous avons entrepris un grand nombre d'expériences pour en étudier la structure et pour connaître la manière dont ce phénomène pouvait s'opérer. Ce sont ces expériences que nous allons rapporter.

CONSTITUTION ANATOMIQUE DE LA COQUE DE L'ŒUF DES OISEAUX.

Si l'on plonge un œuf dans de l'eau contenant le huitième de son poids d'azotate ou de chlorure hydrique, après quelques heures on trouve qu'il est recouvert d'une membrane que l'on peut détacher de la coque calcaire et qui y adhère encore par des espèces de brides, qui la pénètrent en plusieurs endroits. Cette membrane a pu être complétement séparée en opérant sur des œufs de poule, de pintade et d'autruche. Examinée avec le plus grand soin et à l'aide du microscope, elle n'a point paru percée

de trous. Elle est homogène; seulement elle est empreinte de la couleur qui forme la moucheture des œufs lorsqu'ils présentent cette particularité.

On a teint des œufs avec de la garance avant de les soumettre à l'action de l'eau acidulée, pour voir si la couleur qui les imprégnait alors permettrait de mieux en étudier la membrane épidermoïde : ce mode d'observation n'a fait que confirmer ce qui avait été vu antérieurement.

Si l'on prolonge l'action de l'eau acidulée sur les œufs, la partie calcaire se dissout peu à peu, et l'on obtient une seconde membrane, généralement plus épaisse que la première, et d'une apparence tomenteuse. L'œuf de la pintade se prête très-bien à ces opérations à cause de l'épaisseur et de la résistance de ses membranes.

La partie calcaire de la coque a non-seulement pour but de donner de la solidité aux œufs, mais elle sert aussi à retarder l'évaporation des parties qui les constituent. Sans elle, un œuf serait complétement desséché avant la fin de l'incubation. Un œuf de pintade qui avait été privé de coque calcaire par le chlorure hydrique s'est desséché complétement en très-peu de jours, à une température qui a varié de + 15 à 20 degrés. On sait d'ailleurs que la même chose arrive aux œufs de couleuvre, qui n'ont point de coque calcaire, qu'ils se dessèchent promptement dans un endroit sec, et qu'ils ne peuvent subir l'incubation que dans un lieu humide, où l'évaporation est nulle ou fort lente.

Injection de la coque de l'œuf.—Un grand nombre d'expériences a été tenté pour injecter la coque de diverses espèces d'œufs. Nous sommes quelquefois parvenus à y faire pénétrer l'injection; mais ç'a toujours été à une faible profondeur, et elle n'a jamais dépassé la troisième membrane de la coque. Pour cela, les œufs étaient placés dans un vase contenant une liqueur colorée, telle qu'une infusion de garance ou de l'encre ordinaire; ils y étaient maintenus par une pression convenable, et étaient ensuite placés sous le récipient d'une machine pneumatique. L'air du réci-

pient était alors raréfié autant que possible; celui contenu dans la chambre à air s'échappait au travers de la coque, comme on le verra bientôt. En laissant ensuite rentrer l'air dans l'appareil, il exerçait une forte pression sur le liquide et le faisait pénétrer autant que possible dans l'enveloppe de l'œuf. Nous avons tenté d'injecter ainsi des œufs avec un sel de fer, et de les faire macérer ensuite dans une dissolution de cyanoferrure potassique : le liquide a quelquefois pénétré dans la coque calcaire, mais dans quelques points isolés seulement. En général, l'épiderme se trouve teint, ainsi que les brides ou prolongements qu'il envoie dans les pores de la coque calcaire.

Nous avons injecté des œufs dont la coque était privée d'épiderme. Dans ce cas, l'injection pénétrait dans un plus grand nombre de points de la coquille; mais c'était toujours d'une manière diffuse.

Les expériences précédentes démontrent que la coque des œufs des oiseaux est formée par la réunion de trois membranes : une extérieure, épidermoïde, portant la variégature des œufs; une moyenne, pénétrée de carbonate calcaire, et une interne, qui tapisse l'intérieur de l'œuf [1]. Elles démontrent en outre que si les gaz traversent facilement l'enveloppe des œufs des oiseaux, les liquides n'y pénètrent qu'avec une extrême difficulté.

Perméabilité de la coque de l'œuf des oiseaux pour les gaz. — Si nous n'avons pu parvenir à injecter régulièrement la coquille des œufs des oiseaux, il est très-facile d'en démontrer la perméabilité pour les gaz. Pour cela, il faut introduire un œuf sous une cloche remplie d'eau et la placer dans un petit vase contenant du mercure. Si l'on met cet appareil sous le récipient d'une machine pneumatique et si l'on raréfie l'air qu'il renferme, on voit à l'instant même une multitude de bulles de gaz qui s'échappent de la coquille et qui se rassemblent dans la partie supérieure de la cloche qui recouvre immédiatement l'œuf. Parmi tous les points

[1] On pourrait rapporter à la coque de l'œuf une quatrième membrane, très-résistante, qui se sépare de la dernière qui vient d'être indiquée, pour donner naissance à la chambre à air.

par où s'échappent les bulles de gaz, on en remarque de plus forts que les autres, qui sont toujours réunis deux à deux, et qui généralement sont répétés quatre fois sur la coquille d'un œuf de poule. Ces points sont difficiles à distinguer des autres parties de la coquille quand le gaz cesse de les traverser. Pour les reconnaître, la surface de quelques œufs a été divisée en compartiments à l'aide d'un crayon, et chacun de ces compartiments a été désigné par une lettre de l'alphabet ou par un chiffre. Le compartiment contenant les pores géminés étant déterminé, il était facile de retrouver ces derniers lorsque l'œuf était sorti du récipient; mais les dissections les plus minutieuses n'ont pu rien nous apprendre sur le trajet des canaux qui y aboutissent. Toutefois, l'existence de ces pores géminés étant bien constatée, il est permis de penser qu'ils remplissent quelque fonction spéciale.

EXPÉRIENCES RELATIVES AUX FONCTIONS DE LA CHAMBRE A AIR DES ŒUFS DES OISEAUX.

La résistance de la coque calcaire de l'œuf des oiseaux ne lui permettant pas de s'affaisser sur les parties qu'elle renferme, à mesure que l'évaporation fait des progrès, deux membranes adossées se séparent et laissent ainsi entre elles un espace qui se trouve rempli par l'air qui pénètre au travers de la coque. C'est cet espace que l'on nomme *chambre à air*.

L'examen chimique de l'air contenu dans la chambre à air des œufs a été tenté par divers expérimentateurs, qui ont obtenu des résultats discordants. Nous avons, à cet égard, entrepris un très-grand nombre d'expériences, qui ont donné des résultats toujours dirigés dans le même sens.

La capacité de la chambre à air des œufs dépendant de leur âge et des circonstances de leur conservation, il en résulte évidemment qu'elle est fort variable. Nous avons trouvé les nombres suivants pour exprimer sa capacité.

Onze œufs non couvés ont donné 7 centimètres cubes de gaz.

Une autre fois neuf œufs en ont donné 7 et un quart. Dans ces circonstances le gaz des chambres à air renferme à peine des traces d'acide carbonique, et contient jusqu'à 0,21 d'oxygène.

Le 29 juin 1844, trois œufs non incubés contenaient 5cc5 de gaz renfermant 0,1957 d'oxygène. Le même jour un œuf couvé naturellement depuis dix à douze jours, retiré de la poule depuis dix heures, contient 6cc8 de gaz renfermant 0,1979 d'oxygène. Le même jour encore, pour connaître le trajet du gaz, un œuf couvé depuis vingt jours a été introduit sous une cloche contenant de l'eau de chaux, placée sur le mercure et sous le récipient d'une machine pneumatique. En raréfiant l'air, le gaz est sorti en traversant l'eau de chaux, et n'a pas donné naissance à une seule trace appréciable de carbonate calcique, carbonate qui eût été visible et qui eût indiqué si l'acide carbonique passait par les trous géminés ou par les pores ordinaires de la coquille de l'œuf. 5cc6 de gaz ont été recueillis; ce gaz, soumis à l'analyse, contenait 0,168 de gaz oxygène.

En consultant le tableau des expériences entreprises du 17 au 19 juillet et du 22 au 24 du même mois de l'année 1845, expériences qui ont été faites en soumettant des œufs à l'incubation après les avoir introduits dans des sacs de caoutchouc, on verra que le gaz des chambres à air contenait toujours moins d'acide carbonique et plus de gaz oxygène que l'air ambiant, c'est-à-dire que l'air renfermé dans les sacs. Ce résultat est très-positif et a été obtenu un assez grand nombre de fois pour qu'il ne puisse rester aucun doute sur sa réalité.

On peut conclure des résultats précédents que la coquille de l'œuf jouit d'une faculté spéciale qui lui permet d'absorber rapidement l'oxygène de l'air, de le conserver et d'émettre au dehors l'acide carbonique avec une facilité non moins grande.

Après quinze jours d'incubation l'embryon et ses annexes sont libres dans l'intérieur de la membrane interne de la chambre à air, c'est-à-dire qu'ils n'y adhèrent en aucun point, et qu'ils flottent dans une enveloppe d'air. Ce fait est bien réel, car nous

avons pu un grand nombre de fois, après avoir enlevé soigneusement la coque calcaire de l'œuf du côté de la chambre à air, couper circulairement la membrane interne de cette même chambre, faire sortir l'embryon et ses annexes de l'intérieur de la coquille par le seul effet de la pesanteur, sans que le sac allantoïdien qui renferme toutes les autres parties éprouve la moindre lésion.

A cette époque où la membrane allantoïdienne est parvenue à la pointe de l'œuf et s'y est complétement soudée déjà depuis quelques jours, il est évident que l'œuf respire par toute sa surface, puisque l'observation précédente démontre qu'il flotte dans une couche d'air; cependant, comme l'aire respiratoire de l'œuf, d'abord presque nulle, s'étend peu à peu en s'éloignant de la cicatricule et en subissant la métamorphose dont il est question dans la partie anatomique de ce mémoire, nous avons cherché si l'oxygène arrivait aux parties internes de l'œuf uniquement par la chambre à air, ou bien par toute la périphérie de l'œuf. Nous avons voulu de même déterminer si l'acide carbonique que l'on rencontre en si petite quantité dans la chambre à air ne sortait point par les pores de la partie de la coque étrangère à la chambre à air. Pour cela un grand nombre d'expériences ont été tentées, soit en vernissant des œufs complétement ou partiellement, soit en introduisant chacune de leurs extrémités dans un sac particulier imperméable, et en cherchant la composition de l'air qu'ils renfermaient.

Voici le détail de quelques-unes de ces expériences; elles ont été faites dans une étuve qui fonctionnait parfaitement et qui donnait des résultats bien plus réguliers que l'incubation naturelle.

Le 5 juillet 1845, à cinq heures du soir, on entreprit une expérience sur neuf œufs de poule : deux furent conservés dans l'état naturel pour servir de témoins, un fut verni en entier[1], trois

[1] Le vernis employé était formé de deux parties de cire et d'une partie de colophane. On l'employait en le tenant en fusion à la plus basse température possible.

furent vernis du côté de la chambre à air seulement, trois autres le furent du côté opposé à la chambre à air.

Les œufs précédents furent ouverts le 12 du même mois, à six heures du matin et trouvés dans l'état qui va être décrit.

Un œuf non verni étant ouvert, on remarque qu'il a parfaitement subi l'influence de l'incubation; le vitellus est aux deux tiers recouvert par des vaisseaux.

L'œuf verni sur toute sa surface présente des traces de la veine primigéniale; le vitellus est sans consistance; l'albumen interne adhère à la membrane interne de la chambre à air. L'embryon est mort depuis plusieurs jours.

Les œufs dont la partie de la coque qui recouvre la chambre à air a été vernie sont tous trois dans le même état. L'albumen externe est demeuré fluide et s'est un peu opacifié. L'albumen interne est demeuré limpide, mais il a pris une grande consistance; il adhère d'une part à la membrane interne de la chambre à air, et d'autre part à la pointe de l'œuf. Une membrane indéterminable offre quelques traces de vaisseaux. Dans un des œufs il y a un embryon rabougri qui ne présente qu'un rudiment du pédicule de l'allantoïde.

Les trois œufs dont la chambre à air était libre, mais dont le reste était couvert de vernis, ont parfaitement subi l'influence de l'incubation; les embryons qu'ils renfermaient étaient bien vivants et ne présentaient rien d'anomal.

Ces faits parlent d'eux-mêmes et n'ont besoin d'aucun commentaire.

La position des œufs pouvant avoir aussi quelque influence sur l'incubation, nous avons tenté les expériences suivantes pour nous en assurer. Nous avions remarqué d'ailleurs que les poules retournaient leurs œufs tous les jours, et nous en avons acquis la certitude en y faisant des marques au crayon, qui permettaient de reconnaître les changements survenus dans leur position [1].

[1] La tendance qu'a le vitellus à s'élever et se rapprocher de la partie supérieure de l'œuf et de s'appliquer ainsi très-près de la coquille, et celle de la cicatricule à se tourner en dessus,

Le 16 juillet 1845, huit œufs ont été placés dans l'étuve. De ces œufs deux étaient dans l'état normal pour servir de témoins ; quatre étaient à moitié couverts de vernis, la séparation des deux moitiés ayant lieu par un plan méridien passant par l'axe de l'œuf; deux œufs ont été complétement couverts de vernis.

De quatre œufs vernis par moitié, deux ont été placés le côté verni en dessus, et deux le côté verni en dessous.

Le 25 juillet on a procédé à l'autopsie des œufs préparés comme il vient d'être dit :

1° Un œuf non verni a été ouvert; le germe était vivant et avait atteint tout le développement possible pendant le temps de l'expérience;

2° Les deux œufs dont le vernis était placé en dessus présentent à peine des traces d'évolution;

3° Un des œufs vernis en dessous a marché jusqu'au septième jour environ; l'amnios était rempli d'un liquide jaune rougeâtre : le jaune n'était recouvert qu'au tiers par des vaisseaux. On pouvait distinguer l'allantoïde.

sont dues uniquement à des différences de densité: le vitellus est moins dense que les albumens, et la partie du vitellus située près de la cicatricule est moins dense que celle qui lui est opposée.

On sait que les liquides immiscibles se superposent dans l'ordre de leurs densités, le moins dense à la partie supérieure, et qu'un corps hétérogène flottant ou immergé ne peut prendre une position d'équilibre stable que lorsque son centre de gravité est au-dessous de son centre de pression, centre qui tient lieu de point de suspension, de telle manière que le centre de gravité, tant celui du système des liquides superposés que celui du corps flottant, soit aussi bas que possible. Ce sont là justement les deux cas auxquels satisfont les parties constituantes de l'œuf.

Les poids spécifiques suivants, déterminés en opérant sur des œufs de poule, sont à l'appui de l'explication qui vient d'être donnée.

	Poids spécifiques.
Albumen externe	1,0399 à 1,0421
Albumen interne	1,0421 à 1,0432
Vitellus entier	1,0288 à 1,0299
Vitellus vers la cicatricule	1,0266 à 1,0277
Vitellus du côté opposé	1,0310 à 1,0321

La différence des poids spécifiques des deux hémisphères formant le vitellus est principalement due à l'agglomération des particules grasses vers la cicatricule ou la vésicule prolifère, fait qui est constant pour tous les œufs de la série animale.

Le deuxième œuf verni en dessous était dans l'état normal. L'embryon était vivant et bien développé ; seulement *l'allantoïde s'était développée de côté et ne s'était étendue que dans la partie non recouverte de vernis et accessible à l'air;* elle était nettement circonscrite par le vernis qui recouvrait la coquille. Cette observation est remarquable et confirme l'opinion que nous avons soutenue sur la fonction respiratoire de l'allantoïde.

Les trois œufs entièrement recouverts de vernis étaient exactement dans le même état les uns que les autres. Ils contenaient un embryon de trois millimètres de longueur environ, entouré d'une auréole grande comme une pièce de deux francs. L'albumen était trouble.

Ces dernières observations confirment celle du 5 au 12 juillet.

Ainsi que cela a été dit précédemment, des expériences ont été tentées en introduisant les deux extrémités des œufs dans des sacs en caoutchouc complétement indépendants, et contenant de l'air [1].

Les résultats obtenus par ce mode d'expérimentation sont consignés dans le tableau suivant.

INCUBATION DES ŒUFS DANS DES SACS DE CAOUTCHOUC, LA POINTE ET LA CHAMBRE À AIR SE TROUVANT DANS DES SACS SÉPARÉS.

Expérience du 17 au 19 juillet 1845.

I.

	Sac de la chambre à air.	Sac de la pointe de l'œuf.	Chambre à air.
Acide carbonique	0,0207	0,0204	0,0163
Oxygène	0,0611	0,1027	0,1352
Azote	0,9182	0,8769	0,8455

Expérience du 22 au 24 juillet de la même année.

II.

Acide carbonique	0,0130	0,0092	0,0142
Oxygène	0,1034	0,0979	0,1281
Azote	0,8836	0,8929	0,8577

[1] Les sacs étaient faits sur les œufs mêmes et collés avec le mastic décrit précédemment.

III.

Acide carbonique	0,0220	0,0149	0,0157
Oxygène	0,0863	0,0751	0,1105
Azote	0,8917	0,9100	0,8738

CHAPITRE XII.

CONCLUSIONS GÉNÉRALES.

L'étude de l'évolution embryonnaire des animaux comprend plusieurs parties distinctes : 1° celle de l'être considéré au point de vue statique ou de l'examen de la texture, de la structure, de la forme, des rapports des organes; 2° celle de l'être au point de vue dynamique ou phénoménal, qui est relative à la création, au développement successif et aux fonctions de ces mêmes organes. L'Académie a surtout appelé l'attention sur l'anatomie la plus intime des tissus et sur les modifications qui surviennent dans leurs éléments constitutifs; mais, comme conséquence du programme qu'elle a publié, nous sommes parvenus à démontrer la nécessité de l'intervention de l'oxygène de l'air pendant l'incubation, et celle d'une véritable respiration qui commence avec les premiers instants de la vie de l'animal et qui ne finit qu'avec elle. Cette démonstration nous ayant fait connaître d'une manière très-précise les fonctions de plusieurs organes tant permanents qu'accessoires de l'animal à l'état embryonnaire, nous avons été conduits à revoir quelques points d'anatomie descriptive et à entrer dans des détails qui, en apparence étrangers au programme de l'Académie, n'en sont réellement que le développement indispensable.

Pour établir un enchaînement de faits non interrompu, et pour avoir des termes de comparaison qui nous permettent de mieux apprécier l'œuf au moment de l'incubation, nous l'avons étudié depuis les premiers instants de sa formation dans l'ovaire jusqu'à la fécondation, et même au delà, sur les animaux adultes, lorsque cela a été nécessaire.

Nous avons vu que l'œuf est essentiellement composé de la vésicule germinative renfermée dans la vésicule vitelline ; qu'il atteint ce degré de développement dans l'ovaire, et qu'au sortir de là il se revêt d'enveloppes accessoires selon les organes et les milieux dans lesquels il doit séjourner.

Le premier élément de l'organisation paraît être une espèce de mucosité formée de particules sphéroïdales que nous rendons toujours visibles par l'emploi de l'eau de baryte, et qui sont d'un très-petit diamètre, variant de 4 à 8 millièmes de millimètres; puis viennent des vésicules simples et des vésicules à noyaux que l'on rencontre dans l'œuf même avant la fécondation, ainsi que cela s'observe dans la vésicule germinative et dans l'enceinte vitelline : c'est là que s'arrête la production des éléments organiques de l'œuf qui n'a pas reçu l'influence du mâle; mais si la fécondation intervient, et s'il se trouve dans les circonstances qui conviennent à l'incubation, une nouvelle création a lieu : les parties restées stationnaires subissent des modifications ; elles se développent et s'agrégent; il s'opère un triage des éléments nutritifs ; ils sont modifiés au point de vue de leur forme, de leur volume et de leur composition chimique, selon les organes qu'ils sont appelés à constituer. Ces éléments ont été dessinés avec beaucoup de soin ou représentés d'une manière plus fidèle encore par la photographie; et, afin qu'il ne puisse exister le moindre doute sur le degré de développement de l'être qui les a fournis, ces êtres ou ces organes ont été dessinés et placés à côté d'eux pour rappeler leur origine.

L'étude de la constitution chimique des animaux, à différentes époques de leur existence, nous a démontré que les éléments inorganiques qu'ils renferment peuvent considérablement varier par leur nature et leurs proportions relatives. Nous avons recherché comment ces éléments inorganiques font partie des tissus animaux; l'ensemble des faits que nous avons observés et les expériences que nous en avons faites nous permettent d'affirmer qu'ils existent dans chaque particule organique, qu'ils lui arrivent à

l'état de dissolution dans un fluide, mais que bientôt ils deviennent insolubles et s'y unissent intimement. Ce mode d'union tout particulier diffère de la véritable combinaison chimique : il est le résultat d'une imprégnation intime des particules et de l'insolubilité finale de la matière minérale; il peut avoir lieu en proportions indéterminées, et peut cependant modifier considérablement les propriétés chimiques apparentes des éléments des tissus. C'est ainsi que de l'albumine, toujours la même, toujours sous forme particulaire, comme nous l'avons prouvé, pourra paraître successivement soluble dans l'eau, solubilité qui n'est jamais qu'apparente, ou absolument insoluble, comme les fibrines, qui ne varient réellement que par la nature et la proportion des matières minérales qui s'y trouvent engagées.

Nous appelons l'attention de l'Académie sur ce point important qui nous révèle un nouveau mode de combinaison propre aux êtres organiques, et nous apprend que des éléments très-divers en apparence ne diffèrent que par les conditions qui viennent d'être indiquées. C'est la matière anorganique déposée dans les particules organiques qui donne de la consistance aux tissus qu'elles forment, et qui permet à ces tissus de résister à l'action de la pesanteur; elle donne ainsi naissance soit à un squelette isolé, soit à un squelette particulaire, distribué dans toutes les parties de l'être, comme cela s'observe chez les végétaux et chez les animaux inférieurs.

Par une étude approfondie des organes, nous avons reconnu que les divers degrés de développement de l'appareil respiratoire correspondent aux différents modes de circulation qu'on observe dans l'échelle animale. D'abord, tous les éléments se confondent; mais l'oxygène dissous dans un véhicule pénètre les éléments des tissus, les modifie et les rend propres à la vie : c'est là le phénomène fondamental de la respiration, c'est celui qui s'observe chez les êtres les plus inférieurs, c'est celui par lequel commence toute espèce de respiration, c'est celui qui existe à tous les âges et qui ne se trouve modifié que par des organes destinés à ab-

sorber l'oxygène et à le transporter dans tous les points de l'économie animale.

Après ces premiers moments de l'incubation apparaît une espèce de circulation branchiale; celle-ci suffit aux amphibiens, qui demeurent plongés dans un milieu chargé d'oxygène; mais elle devient insuffisante chez les oiseaux. Alors apparaît un nouvel organe respiratoire, l'allantoïde, qui est chargée d'absorber l'oxygène et de le transmettre à tout l'organisme par un système circulatoire excessivement développé. D'une autre part, les vaisseaux de la vésicule ombilicale puisent dans le vitellus les éléments nutritifs nécessaires à l'organisation de l'être. A cette époque de la vie des oiseaux, il y a donc un système alimentaire et un système respiratoire parfaitement distincts, et cela se comprend facilement, puisque les aliments sont puisés au centre de l'œuf, tandis que l'oxygène qui doit les modifier vient du dehors et ne peut être absorbé qu'à la surface de ce dernier.

Chez les ophidiens ovipares ou ovovivipares, les phénomènes sont les mêmes que chez les oiseaux; seulement l'œuf séjourne plus longtemps dans le corps de l'animal et y subit une incubation partielle ou totale; dans ce dernier cas, la mère transmet le fluide oxygéné par la perméabilité de ses organes; aussi les œufs des couleuvres vivipares ont-ils une enveloppe beaucoup plus perméable que celle des couleuvres simplement ovipares.

Chez les mammifères, le placenta fournit à lui seul les éléments nutritifs et l'oxygène qui doivent concourir à l'édification embryonnaire. Cette condition spéciale fait que l'on ne retrouve chez ces sortes d'animaux qu'une espèce de vestige, qui indique par tradition l'existence de la vésicule ombilicale.

Nous ne craignons point de l'affirmer, car cela résulte de l'ensemble de toutes nos recherches, qui laissent fort peu de chose à désirer sur ce point, la *respiration a essentiellement pour but de modifier les aliments et de les rendre aptes à l'assimilation*. Nous adoptons pleinement la théorie de M. Magnus, qui veut que l'oxygène puisé dans l'air soit transporté dans toutes les parties du corps

des animaux par la circulation. *Tous les tissus de l'économie animale sont formés de particules vivantes et partout il leur faut de l'oxygène!*

Cette opinion que nous venons d'émettre sur la respiration est démontrée d'ailleurs : 1° par l'exhalation de l'azote, qui prouve la destruction partielle d'un élément azoté; 2° par la présence du tissu cellulaire chez les animaux herbivores qui mangent des aliments qui n'en renferment aucune trace, tissu qui est moins azoté que ne le sont les matières albuminoïdes dont il provient; observation indiquant tout à la fois la nature de l'élément azoté nutritif, et l'une des transformations qu'il éprouve par la respiration; 3° parce que le tissu cellulaire n'existe point dans le sang, où il y a principalement de l'albumine, qui se distribue dans les organes en se combinant avec de la matière minérale pour devenir de la fibrine, ou en se brûlant partiellement pour devenir du tissu cellulaire; 4° parce que chez les animaux supérieurs le canal thoracique conduit le fluide alimentaire dans le système veineux, et jamais dans le système artériel, afin qu'il soit modifié par la respiration et devienne ainsi apte à l'assimilation.

L'opinion que nous venons d'émettre n'a rien de contraire à celle des savants qui ont prétendu que la respiration avait pour but de brûler des éléments organiques qui avaient terminé le rôle qu'ils étaient appelés à jouer dans l'économie de l'être vivant, ou de brûler les aliments neutres non azotés pour entretenir la chaleur animale.

Loin de là, nous pensons que toutes ces choses sont possibles: seulement nous ne pouvons nous empêcher de signaler encore un fait qui indique l'importance de l'action de l'oxygène pour rendre les éléments assimilables. Ce fait, nous le puiserons dans les études pathologiques qui démontrent que, chez les phthisiques, dont le système respiratoire est amoindri par la maladie, la nutrition ne se fait point, et que les individus périssent tout à la fois par défaut de caléfaction et de nutrition. Cette observation démontre encore que les corps gras ne s'assimilent point sans être modifiés par la respiration, et que celle-ci ne peut avoir unique-

ment pour but de les détruire; car sans cela ils s'accumuleraient en quantité considérable dans les tissus des phthisiques: c'est ce qui est bien loin d'avoir lieu.

L'Académie nous excusera d'être entrés dans ces développements : ayant à déterminer les modifications qui surviennent dans l'état organique des animaux pendant leur évolution, nous avons cru demeurer dans les limites du programme qu'elle a tracé, en remontant à l'origine des phénomènes, autant qu'il nous a été possible de le faire.

REGISTRE DES EXPÉRIENCES

RELATIVES

À L'INFLUENCE DE L'AIR SUR LES ŒUFS SOUMIS À L'INCUBATION.

OISEAUX.

I.

EXPÉRIENCES FAITES AVEC LES APPAREILS A COURANTS CONSTANTS.

INCUBATION DANS UN COURANT D'AIR.

21 JUIN 1843.

3 œufs couvés naturellement pendant 9 jours sont soumis à l'incubation dans un courant d'air sec et privé d'acide carbonique.

Un vase contenant du chlorure calcique est placé sous la cloche contenant les œufs.

Au sortir de la cloche, l'air passe successivement dans une série de tubes qui le dépouillent d'eau et d'acide carbonique. Le courant est déterminé par un vase aspirateur. Le vase aspirateur est séparé des tubes collecteurs par un tube à chlorure calcique. (Pl. XV, fig. 1.)

DONNÉES EXPÉRIMENTALES.

		Avant l'expérience.	Apres l'expérience.	
Poids des œufs.	N° 1.....	60gr1000	58gr2450	Somme des différences ou perte de poids, 4gr9455.
	N° 2.....	58, 9300	57, 4055	
	N° 3	61, 6650	60, 0990	
		180, 6950		

		Avant l'expérience.	Apres l'expérience.
Poids des tubes collecteurs.	N° 1 Sulfate equihydrique.....	105gr5730	105gr9590
	N° 2. Potasse sèche.....	112, 6430	112, 9220
	N° 3. Potasse humide et ponce...	101, 5090	101, 4510
	N° 4. Chlorure calcique.....	107, 8640	108, 3660
	N° 5. Sulfate hydrique.....	150, 4800	150, 5410
Vase a chlorure calcique.....		262, 0200	266, 8290

L'expérience dure 3 jours pleins, pendant lesquels on fait passer 112 litres d'air sec et privé d'acide carbonique dans tout l'appareil.

RESULTAT.

Perte du poids des œufs.....		4gr9455
Eau recueillie...		5, 1950
Acide carbonique recueilli.....		0, 7840
Carbone de l'acide carbonique.....		0, 2138
Eau, plus carbone..... = 5,4088 Perte de poids des œufs = 4,9455	Différence ou oxygene absorbé, moins azote exhalé.....	0, 4633

28 JUIN 1843.

3 œufs couvés naturellement pendant 16 jours sont soumis à l'incubation dans un courant d'air sec privé d'acide carbonique.

Un vase contenant du chlorure calcique est placé sous la cloche contenant les œufs.

La disposition de l'appareil est la même que celle du 21 juin courant.

DONNÉES EXPERIMENTALES.

		Avant l'expérience.	Apres l'expérience.	
Poids des œufs.	N° 1.....	50gr6220	49gr6010	Somme des différences ou pertes de poids des œufs, 6gr2865
	N° 2.....	44, 4415	40, 2060	
	N° 3.....	55, 6085	54, 5785	
		150, 6720	144, 3855	

		Avant l'expérience.	Après l'expérience
Poids des tubes collecteurs.	N° 1. Sulfate hydrique	104gr9550	106gr5960
	N° 2. Oxyde hydropotassique	112, 9240	114, 6210
	N° 3 *Idem* dissous et ponce	101, 4440	101, 0340
	N° 4. Chlorure calcique	108, 3600	108, 8230
	N° 5. Sulfate hydrique	150, 5495	150, 5965
Vase à chlorure calcique		254, 7370	260, 1990

L'expérience dure trois jours.

RÉSULTAT.

Perte de poids des œufs	6gr2865
Eau recueillie	6, 1030
Acide carbonique recueilli	1, 7970
Carbone contenu dans l'acide carbonique	0, 4901
Eau, plus carbone... = 6,5931 / Perte de poids des œufs = 6,2865 — Différence ou oxygène absorbé, moins azote exhalé	0, 3066

II.

EXPÉRIENCES FAITES AVEC LES APPAREILS A COURANTS ALTERNATIFS.

INCUBATION DANS L'AIR LIMITÉ.

11 MAI 1844.

4 œufs couvés naturellement pendant 15 jours sont placés dans un panier de fil de laiton et suspendus dans une cloche de verre. Sous la même cloche il y a un vase contenant du sel marin et un thermomètre.

L'appareil se compose de la cloche contenant les œufs, de deux tubes latéraux communiquant avec des éprouvettes remplies de chlorure calcique et de celles-ci avec les gazomètres. (Pl. XVII.)

Toutes les mesures avaient été prises pour faire une expérience complète; mais on s'est borné à constater la nature du gaz après l'incubation. On n'inscrira donc ici que ce qui a donné un résultat déterminé.

DONNÉES EXPÉRIMENTALES.

	Avant l'expérience.	Après l'expérience.
Poids des œufs	147gr602	145gr450

L'expérience a commencé le 11 mai à midi 30′, elle a été terminée le 16 à la même heure. Pendant toute cette expérience on a fréquemment fait passer le gaz d'un gazomètre dans l'autre, afin de renouveler l'air de la cloche.

Analyse du gaz de l'appareil.

		A	B
Détermination de l'acide carbonique.	Gaz de l'appareil	74,0	81,0
	Idem après potasse	70,8	78,0

		1	2	
Détermination de l'oxygène.	Gaz privé d'acide carbonique	32,0	31,2	32,5
	Idem + hydrogène	42,0	47,6	44,5
	Résidu	31,7	37,5	34,0

RÉSULTAT DU CALCUL.

Acide carbonique	0,0401
Oxygène	0,1028
Azote	0,8571

COROLLAIRE.

Dans cette expérience, il y a la preuve évidente de la production de l'acide carbonique pendant l'incubation. Les volumes de l'acide carbonique et de l'oxygène réunis ne représentent point celui de l'oxygène contenu dans l'air relativement à l'azote; il est évident, qu'outre la production de l'acide carbonique il y a de l'oxygène absorbé ou de l'azote exhalé, ou l'un et l'autre à la fois.

9 JUIN 1844.

Une expérience semblable à celle du 11 mai est répétée; les éprouvettes à chlorure calcique sont supprimées pour qu'il y ait le moins possible de ligatures dans l'appareil.

On emploie 3 œufs pesant ensemble $164^{gr}800$, avant l'expérience, et $163^{gr}27$ après. Elle dure 3 jours et donne des résultats semblables à ceux de l'expérience du 11 mai de la même année.

Le gaz soumis à l'analyse donne les résultats suivants :

Acide carbonique	0,0456
Oxygène	0,1033
Azote	0,8511

Le corollaire est le même que celui de l'expérience du 11 mai.

11 AOUT 1844.

Une nouvelle expérience a été tentée sur 2 œufs de dinde couvés naturellement depuis environ 15 jours. Ils sont placés dans une éprouvette horizontale et le caoutchouc est complétement supprimé. Il n'y a aucun appareil pour absorber ni l'acide carbonique ni l'eau, si ce n'est un vase à sel marin placé sous la cloche.

L'expérience commence à 12 h. 30′. L'étuve a été éteinte le 12 août à 2 heures de l'après-midi. Les gaz ont été analysés à 4 h. 40′.

DONNÉES EXPÉRIMENTALES.

	Avant l'expérience.	Apres l'expérience.
Poids des œufs	$153^{gr}840$	$153^{gr}310$

Une partie des données expérimentales est supprimée, parce que les œufs ayant été ouverts, on a trouvé que l'un d'eux seulement avait été fécondé.

Analyse de l'air contenu dans l'appareil.

Détermination de l'acide carbonique.	Air de l'appareil	91,9	
	Idem après potasse	90,8	
		1	2
Détermination de l'oxygène.	Gaz privé d'acide carbonique	33,2	42,0
	Idem + hydrogène	55,0	69,0
	Résidu	37,5	46,5

Composition moyenne de l'air de l'appareil.

Acide carbonique	0,0119
Oxygène	0,1749
Azote	0,8132

Après l'expérience, une pression a été établie sur les gazomètres et maintenue pendant une heure, sans que les niveaux primitivement établis aient subi la moindre variation. Cette expérience démontre donc, d'une manière fort évidente, qu'il y a production d'acide carbonique et absorption d'oxygène ou exhalation d'azote, ou l'un et l'autre à la fois. Cette dernière assertion a été complétement démontrée par des expériences ultérieures.

16 JUIN 1844.

L'expérience suivante a été entreprise, non-seulement pour vérifier les phénomènes trouvés précédemment, mais pour déterminer la variation absolue du volume du gaz.

4 œufs de poule couvés naturellement depuis 14 jours révolus sont introduits dans un appareil composé d'une cloche et des gazomètres seulement, sans éprouvettes pour dessécher le gaz. La cloche renferme, en outre des œufs qui y sont suspendus, un vase contenant du chlorure sodique desséché et un thermomètre.

L'expérience commence le 16 juin, à 12 h. 15′. L'étuve est éteinte le 18, à 5 heures de l'après-midi. Les gaz sont mesurés à 7 h. 6′ du soir.

DONNÉES EXPÉRIMENTALES.

	Avant l'expérience	Après l'expérience
Poids des œufs	219gr770	217gr065
Température de l'étuve	20°0	20°0
Température du vase aux œufs	20,4	20,4
Température du gazomètre	19,5	19,5
Pression barométrique	765^{mm}	752^{mm}
Volume de l'air au gazomètre sans robinet	57^{lit}6	58^{lit}0
Volume de l'air au gazomètre à robinet	107,0	88,6
	164,6	146,6

Après l'expérience la capacité de la cloche, celle des tubes qui la font communiquer avec les gazomètres, et le volume de tous les objets qu'elle renferme sont mesurés. On en déduit :

Volume de l'air avant l'expérience à 0° et 76^{cm} de pression barom.	4268^{cc}27
Volume de l'air après l'expérience à 0° et 76^{cm} de pression barom.	4031, 67
	236, 60

Analyse de l'air a la fin de l'expérience.

Détermination de l'acide carbonique.	Gaz de l'appareil		83,0
	Gaz après potasse		78,3
		1	2
Détermination de l'oxygène	Air privé d'acide carbonique	36,0	42,6
	Air + hydrogène	44,5	59,0
	Résidu	35,0	47,0
Composition moyenne du gaz.	Acide carbonique		0,0566
	Oxygène		0,0857
	Azote		0,8577

Composition de l'air de l'appareil en volume et en poids.

		Volume.	Poids.
Avant l'expérience	Oxygène	887^{cc}78	1^{gr}2784
	Azote	3380, 49	4, 2594
Après l'expérience	Acide carbonique	228, 19	0, 4518
	Oxygène	345, 51	0, 4975
	Azote	3457, 97	4, 3570

COROLLAIRE.

Oxygène employé	542cc27	0gr7809
Oxygène dans le gaz carbonique	228, 19	0, 3286
Oxygène absorbé	314, 08	0, 4523
Azote exhalé	77, 48	0, 0976

26 JUIN 1845.

L'appareil se compose d'une cloche horizontale contenant les œufs et du sel marin sec déposé sur une plaque de cuivre, et de simples tubes communiquant avec les deux gazomètres. (Pl. XV, fig. 3.)

Deux œufs de poule couvés naturellement pendant un temps que nous n'avons pu connaître avec précision sont mis dans l'appareil.

DONNÉES EXPÉRIMENTALES.

	Avant l'expérience.	Après l'expérience.
Poids des œufs	111gr500	110gr705
Température de l'étuve	21°1	21°
Température de l'eau des gazomètres	19,2	19,7
Pression	7574dm	7547dm
Volume au gazomètre de gauche	38div4[1]	38div8
Volume au gazomètre de droite	100, 8	96, 2
Somme des volumes	139, 2	135, 0

Capacité des tubes communiquant des gazomètres à la cloche contenant les œufs, diminuée du volume des tubes dépassant le niveau de l'eau dans les gazomètres	30cc10
Capacité de la cloche et des tubes qui s'y joignent immédiatement, diminuée du volume de la plaque de cuivre	847, 95
Volume des œufs	110, 00
Volume du sel marin	66, 50

L'expérience commence le 26 juin, à 5 heures 30 minutes du

[1] Division = 10 centimètres cubes.

soir, et finit le 27 à 5 heures. Un seul œuf était fécondé; l'autre ne l'était point, mais il n'était pas corrompu.

Analyse de l'air des gazomètres après l'expérience.

		A	B
Détermination de l'acide carbonique.	Volume de l'air	48, 8	56, 0
	Volume après potasse	47, 1	54, 0

		A		B	
		1	2	1	2
Détermination de l'oxygène par l'eudiométrie.	Air privé d'acide carbonique.	22, 1	25, 7	25, 0	29, 8
	Air + hydrogène	35, 7	32, 6	37, 0	45, 5
	Résidu après combustion	27, 0	22, 7	26, 9	33, 3

RÉSULTAT.

Composition de l'air des gazomètres après l'expérience.	Gaz carbonique.	0, 0352
	Gaz oxygène	0, 1341
	Gaz azote	0, 8307

Volume du gaz avant l'expérience, réduit à 0° et 7600^{dm} de pression barom^{e}.	1943^{cc}16
Volume du gaz après l'expérience, *idem.*	1898, 28
Différence ou diminution de volume	44, 88

Composition de l'air avant l'expérience.

	En volume.	En poids.
Gaz oxygène	404^{cc}16	0^{gr}5820
Gaz azote	1539, 00	1, 9390

Composition du gaz après l'expérience.

Gaz carbonique	66^{cc}82	0^{gr}1316
Gaz oxygène	254, 56	0, 3665
Gaz azote	1576, 90	1, 9869

COROLLAIRE.

Gaz oxygène employé	149^{cc}60	0^{gr}2154
Gaz oxygène absorbé	82, 78	0, 1192
Gaz oxygène dans le gaz carbonique	66, 82	0, 0962
Gaz azote exhalé	37, 90	0, 0477
Carbone dans l'acide carbonique	»	0, 0373

28 JUIN 1845.

La disposition de l'appareil est exactement la même que celle de l'appareil qui a servi pour l'expérience du 26 juin 1845.

Trois œufs couvés depuis le 15 juin, à 3 heures de l'après-midi, sont employés pour cette expérience. Elle commence le 28 juin, à 5 heures 30 minutes du soir. L'étuve est éteinte le lendemain, à 11 heures 15 minutes du matin.

DONNÉES EXPÉRIMENTALES.

	Avant l'expérience.	Après l'expérience.
Poids des œufs	188gr450	187gr640
Température de l'étuve	19° 0	20° 2
Température des gazomètres	19, 0	18, 5
Pression	7522dm	7596dm
Volume du gaz au gazomètre à robinet	137dec5	132dec2
Volume du gaz au gazomètre sans robinet	39, 4	38, 3
	176, 9	170, 5

Les tubes et la cloche sont les mêmes que dans l'expérience du 26 juin.

Volume des œufs	181cc5
Volume du sel marin (comme précédemment)	66, 5

Un seul œuf était fécondé; les deux autres n'étaient pas corrompus.

Analyse de l'air des gazomètres après l'expérience.

Acide carbonique	Air avant potasse	53, 8	
	Air après potasse	53, 0	
		1	2
Oxygène	Air privé d'acide carbonique	29, 0	24, 4
	Idem + hydrogène	43, 1	39, 7
	Résidus après combustion	28, 7	27, 5

Analyse du gaz contenu dans la chambre à air.

Le gaz des trois chambres est mêlé. Il ne contient point d'acide carbonique.

		1	2
Détermination de l'oxygène.	Gaz	25,6	20,00
	Gaz + hydrogène	42,1	37,50
	Résidu après combustion	26,3	25,35

Analyse de l'air du laboratoire, le même jour (29 juin).

Air	31,4	42,00
Air + hydrogène	50,1	65,15
Résidu après combustion	30,7	39,00

RÉSULTAT DU CALCUL.

Composition de l'air des gazomètres apres l'expérience.	Gaz carbonique	0,0148
	Gaz oxygène	0,1640
	Gaz azote	0,8212
Gaz de la chambre à air	Gaz oxygène	0,2041
	Gaz azote	0,7959
Air du laboratoire	Gaz oxygène	0,2067
	Gaz azote	0,7933

Volume du gaz avant l'expérience, réduit à 0° et à 7600^{dm} de pression bar^{e} 2220^{cc}

Volume du gaz après l'expérience, *idem.* 2182

Différence ou diminution de volume 38

Composition de l'air avant l'expérience.

	En volume.	En poids.
Gaz oxygène	461^{cc}76	0^{gr}6649
Gaz azote	1758,24	2,2154

Composition du gaz à la fin de l'expérience.

Gaz carbonique	32^{cc}29	0^{gr}0639
Gaz oxygène	357,85	0,5153
Gaz azote	1791,86	2,2577

COROLLAIRE.

Gaz oxygène employé	103cc91	0gr1496
Gaz oxygène employé dans le gaz carbonique	32, 29	0, 0465
Gaz oxygène absorbé	71, 62	1, 0031
Gaz azote exhalé	33, 62	0, 0423
Carbone contenu dans le gaz carbonique	32, 29	0, 0281

1er JUILLET 1845.

L'appareil est le même que celui qui a servi pour les expériences des 26 et 28 juin derniers.

On emploie trois œufs couvés depuis le 15 juin, à 3 heures de l'après-midi, sous la même poule que les précédents.

L'expérience commence à 11 heures 30 minutes du matin. L'étuve est éteinte le 2 juillet, à 5 heures 30 minutes du matin. Les mesures sont prises à 9 heures.

DONNÉES EXPÉRIMENTALES.

	Avant l'expérience.	Apres l'expérience.
Poids des œufs	165gr480	164gr755
Température de l'étuve	18°5	19°4
Température des gazomètres	18,0	18,8
Pression atmosphérique	759,4	757,4
Volume au gazomètre à robinet	44div0	42div2
Volume au gazomètre sans robinet	126, 0	120, 1
	170, 0	162, 3

Autopsie des œufs : ils étaient tous trois fécondés, couvés et en bon état.

Les tubes et la cloche sont les mêmes que dans les expériences des 26 et 28 juin derniers.

Volume des 3 œufs	159cc5
Volume du sel contenu dans la cloche	67, 5

Analyse de l'air des gazomètres après l'expérience.

		A	B
Détermination de l'acide carbonique.	Air du gazomètre	62,6	64,4
	Idem après potasse	59,0	60,7

		A		B	
		1	2	1	2
Détermination de l'oxygène.	Air privé d'acide carbonique	32,0	27,4	27,00	34,0
	Idem + hydrogène	46,0	37,7	38,40	47,8
	Résidu après combustion	36,5	29,6	30,15	37,6

Volume du gaz contenu dans les 3 chambres à air à + 18°,5 et à 7574^{dm} de pression barométrique : 12^{cc}

Analyse de ce gaz.

Détermination de l'acide carbonique.	Gaz des chambres à air	48,00
	Idem après potasse	46,15

		1	2
Détermination de l'oxygène.	Air privé d'acide carbonique	24,6	22,2
	Idem + hydrogène	34,1	33,6
	Résidu après combustion	20,9	21,4

RÉSULTAT DU CALCUL.

Composition de l'air des gazomètres après l'expérience.

	A	B	Moyenne.
Acide carbonique	0,0576	0,0590	0,0583
Oxygène	0,0933	0,0953	0,0943
Azote	0,8491	0,8457	0,8474

Composition du gaz des chambres à air.

Acide carbonique	0,0385
Oxygène	0,1741
Azote	0,7874

Volume du gaz des gazomètres à 0° et 7,600^{dm} de pression barométrique	Avant l'expérience	2201^{cc}
	Après l'expérience	2136
Différence ou diminution de volume		65

Composition de l'air des gazomètres.

Avant l'expérience.

	Volume.	Poids.
Gaz oxygène	458cc	0gr6595
Gaz azote	1743	2, 1962

Après l'expérience.

Gaz carbonique	124cc5	0gr2465
Gaz oxygène	201, 4	0, 2900
Gaz azote	1810, 1	2, 2807

COROLLAIRE.

Gaz oxygène employé	256cc6	0gr3695
Gaz oxygène absorbé	132, 1	0, 1902
Gaz oxygène dans le gaz carbonique	124, 5	0, 1793
Azote exhalé	67, 1	0, 0845
Carbone		0, 0672
Perte de poids des œufs		0, 7250
Idem + oxygène absorbé		0, 9152
Carbone + azote exhalés		0, 1517
Eau ou différence entre les deux nombres précédents		0, 7635

INCUBATION DANS UN APPAREIL COMPLET
PROPRE À DONNER TOUS LES ÉLÉMENTS DE L'INCUBATION.

15 JUILLET 1844.

L'appareil se compose non-seulement des gazomètres, mais d'une suite de tubes collecteurs propres à recueillir l'eau et l'acide carbonique. (Voy. pl. XVIII.)

Dans cette expérience, la perte de poids des œufs, le poids de l'acide carbonique et celui de l'eau développés ont été déterminés à l'aide de la balance. La variation absolue du volume du gaz et les volumes absolus et relatifs de l'oxygène et de l'azote avant et après l'expérience ont été déterminés par des mesures directes.

Trois expériences ont été tentées à l'aide de cet appareil, mais il est si compliqué et offre tant de chances d'insuccès, qu'une seule d'entre elles a réussi complétement : c'est celle dont il va être question.

L'expérience a été faite sur quatre œufs. Elle a commencé le 15 juillet, à 1 heure après-midi, et a été terminée le lendemain, à 5 heures de l'après-midi. Les gaz ont été mesurés à 7 heures du soir.

DONNÉES EXPÉRIMENTALES.

		Avant l'expérience.	Après l'expérience.
	Poids des 4 œufs	199gr1030	198gr3250
	Poids des tubes collecteurs.		
Droite	N° 1 Sulfate hydrique	129, 8800	130, 0565
	N° 2. *Idem*	175, 4170	175, 5250
	N° 3. Potasse et ponce	127, 2815	127, 4330
	N° 4. Sulfate hydrique	171, 8350	171, 9150
Gauche	N° 1. Sulfate hydrique	131, 2045	131, 4040
	N° 2. *Idem*	117, 6450	117, 7350
	N° 3. Potasse et ponce	128, 8955	128, 8860
	N° 4. Sulfate hydrique	157, 2475	157, 3065
	Vase à sel marin	40, 6260	40, 9430
	Température de l'étuve	20°0	20°0
	Température des gazomètres	19,0	18,4
	Pression barométrique	7554dmr	7595dmr
	Volume de l'air au gazomètre à robinet	57,5	36,0
	Volume de l'air au gazomètre sans robinet	111, 8	110, 4
		169, 3	146, 4

Composition de l'air des gazomètres à la fin de l'expérience.

	1	2	3	4
Air du gazomètre	38,4	32,0	35,5	38,5
Air + hydrogène	64,6	54,0	58,0	60,1
Résidu	48,0	40,7	43,0	44,0

RÉSULTAT DU CALCUL.

Composition moyenne de l'air après l'expérience.....	Oxygène	0,14065
	Azote.....	0,85935
Poids de l'eau recueillie dans les appareils collecteurs.....		0^{gr}6930
Poids de l'acide carbonique recueilli dans les tubes collecteurs.....		0, 4790
Volume de l'air à 0° et 7600^{dix}. de pression barométrique [1]...	Avant l'expérience.....	3655^{cc}
	Après l'expérience.....	3508
		147

EXPÉRIENCES TOXICOLOGIQUES SUR LES ŒUFS SOUMIS A L'INCUBATION.

INCUBATION DANS LES GAZ OXYGÈNE, HYDROGÈNE ET CARBONIQUE.

INCUBATION DANS LE GAZ OXYGÈNE LIMITÉ.

3 JUILLET 1845.

Trois œufs couvés depuis le 15 juin, à trois heures de l'après-midi, sont employés dans cette expérience. Elle commence le 3 juillet, à 11 h. 30′ et finit le 4, à 9 h. 30′.

[1] Dans une expérience précédente, la capacité des appareils a été déterminée en les remplissant avec de l'eau mesurée avec soin, et en négligeant les faibles variations de volume qui pouvaient survenir par la dissolution des parties solubles. Ce procédé, très-simple en apparence, est difficilement applicable à un appareil compliqué, et il a, en outre, l'inconvénient d'occasionner la perte de tous les produits employés, et de faire qu'ils ne puissent servir plusieurs fois. Ces inconvénients sont graves, surtout à cause du temps considérable qu'un appareil de cette nature exige pour être monté.

Afin d'éviter cet embarras, nous avons déterminé la capacité de notre appareil par un procédé fort simple, qui repose entièrement sur l'élasticité des gaz et sur les variations de volume qu'ils éprouvent lorsqu'on vient à la changer. L'instrument qui nous a servi est un flacon à deux tubulures, dont une inférieure, latérale, et une ordinaire, supérieure et médiane.

A la tubulure inférieure est adapté un tube qui se relève verticalement et parallèlement à l'axe du flacon. A la tubulure supérieure est adapté un autre tube coudé, pouvant être fermé à l'aide d'un robinet d'acier. Ces deux tubes sont parfaitement mastiqués, de manière à supporter une pression sans donner issue à l'air. (Voy. pl. XVI, fig. 3.)

Avant de commencer l'expérience, on introduit du mercure dans l'appareil jusqu'au-dessus de l'ouverture du tube latéral, pour intercepter la communication de l'intérieur du vase avec l'air extérieur. Cela étant fait, si l'on joint le vase ainsi préparé à un appareil quelconque, fermant bien et contenant un gaz permanent, on pourra en connaître la capacité, en ajoutant un volume connu de mercure dans le flacon par la tubulure latérale : le gaz se trouve

L'appareil est le même qui a servi aux expériences précédentes.

DONNÉES EXPÉRIMENTALES.

	Avant l'expérience.	Après l'expérience.
Poids des œufs	174^{gr} 112	173^{gr} 470
Température de l'étuve	24° 0	20° 8
Température des gazomètres	21, 0	20, 8
Pression atmosphérique	$7561^{dm}0$	$7636^{d.m}$
Volume au gazomètre de gauche	$24^{div}0$	$7^{div}2$
Volume au gazomètre de droite	107, 7	86, 3
	131, 7	93, 5

La cloche et les tubes sont les mêmes que dans les expériences des 26, 28 juin et 1er juillet.

Volume des œufs	167^{cc} 5
Volume du sel marin	67, 5

alors comprimé, et sa nouvelle élasticité est indiquée par la différence de niveau du mercure dans le vase et dans le tube latéral.

Soit p la pression de l'air au moment de l'expérience, x le volume du gaz à déterminer v le volume du mercure ajouté, et p' l'élasticité du gaz quand on a ajouté du mercure. La quantité de gaz n'ayant pas changé, il est évident que les deux volumes successifs sont en raison inverse des pressions auxquelles ils sont soumis, et que l'on a l'équation

$$px = p'(x - v),$$

équation d'où l'on déduit la valeur de x

$$\frac{p'v}{p' - p} = x.$$

On tient compte de l'abaissement du mercure par la capillarité dans le tube latéral, ce qui est très-facile à faire, en mettant du mercure dans le flacon, reposant sur une base horizontale, laissant son robinet ouvert, et mesurant la différence des niveaux à l'aide du cathétomètre.

On tient aussi compte du mercure contenu dans le tube au-dessus du niveau de celui contenu dans le flacon; cela est encore facile en mesurant la longueur d'une colonne de mercure dans le tube, la pesant ou la mesurant dans un tube gradué d'un petit diamètre, pour en connaître le volume.

Enfin, on retranche de la capacité totale, trouvée par l'observation, celle du vase qui sert pour faire l'expérience.

Pour faire usage de l'instrument dont nous venons de donner la description, les gazomètres ont été séparés du reste de l'appareil. Une extrémité de celui-ci a été complétement fermée avec du mastic; l'autre a été réunie à l'instrument.

Examen du gaz de l'appareil avant l'expérience[1].

		A	B
Détermination du gaz carbonique.	Gaz de l'appareil	56,2	78,1
	Id. après potasse	55,6	76,6

		A		B
		1	2	
Détermination du gaz oxygène.	Gaz privé / Gaz d'acide carbonique	12,0	15,0	14,1
	Id. + hydrogène	36,0	56,0	51,1
	Résidu	5,0	18,3	15,0

Examen du gaz de l'appareil après l'expérience.

Détermination de l'acide carbonique.	Gaz de l'appareil		69,3
	Après potasse		54,0
Détermination de l'oxygène.	Gaz privé d'acide carbonique	11,0	15,6
	Id. + hydrogène	36,7	47,4
	Résidu	13,0	13,8

Examen du gaz des chambres à air. — Le gaz des trois chambres est mêlé.

Détermination de l'acide carbonique.	Gaz		58,8
	Id. après potasse		58,0
Détermination de l'oxygène.	Gaz privé d'acide carbonique	19,6	20,5
	Mélange avec hydrogène	35,2	36,9
	Résidu	23,5	24,6

RÉSULTAT DU CALCUL.

Composition moyenne du gaz.

	Avant l'expérience.	Après l'expérience.	Des chambres à air.
Gaz carbonique	0,0149	0,2207	0,0153
Gaz oxygène	0,8397	0,5881	0,1964
Gaz azote	0,1454	0,1912	0,7883

[1] Ce gaz avait été préparé en calcinant le bioxyde manganique d'Allemagne non purifié et contenait du gaz carbonique. L'appareil, ne pouvant être rempli que par voie de déplacement, devait, en outre, retenir de l'air et contenir de l'azote.

Volume du gaz à 0° et 7600^{dm} de pression atmosphérique.

Avant l'expérience	1805^{cc}
Après l'expérience	1474
Différence en absorption	331

Composition du gaz en volume et en poids

		Volume.	Poids.
Avant l'expérience.	Gaz carbonique	27^{cc}	0^{gr}0534
	Gaz oxygène	1516	2, 1830
	Gaz azote	262	0, 3301
Après l'expérience.	Gaz carbonique	325	0, 6435
	Gaz oxygène	867	1, 2484
	Gaz azote	284	0, 3578

COROLLAIRE.

Gaz oxygène employé	649^{cc}	0^{gr}9346
Gaz oxygène absorbé	351	0, 5054
Gaz oxygène dans le gaz carbonique	298	0, 4291
Gaz azote exhalé	22	0, 0277

INCUBATION DANS LE GAZ OXYGÈNE.

5 JUILLET 1845.

Deux œufs incubés artificiellement depuis 10 jours sont soumis à l'expérience. Un troisième œuf est ouvert; il est dans un état parfait, comme s'il était couvé sous une poule.

L'expérience est commencée à 7 heures de l'après-midi; elle est terminée le 7, à une heure que l'on a oublié de noter.

DONNÉES EXPÉRIMENTALES.

	Avant l'expérience.	Après l'expérience.
Poids des œufs	123^{gr} 467	122^{gr} 300
Température de l'étuve	22° 9	25°
Température des gazomètres	20, 8	24
Pression atmosphérique	7653^{dm}0	7611^{dm}0
Volume au gazomètre de gauche	70^{div}0	62^{div}4
Volume au gazomètre de droite	13, 5	13, 5
	83, 5	75, 9

Appareil du 3 juillet, même quantité de sel marin.

Volume des œufs..... 119

Examen du gaz des gazomètres.

Avant l'expérience.

Détermination de l'acide carbonique.	Gaz du gazomètre.....	60,5	
	Id. après potasse.....	59,0	
		1	2
Détermination de l'oxygène.	Gaz privé d'acide carbonique.....	16,0	14,2
	Id. + hydrogène.....	50,8	47,0
	Résidu.....	9,0	10,2

Après l'expérience.

Détermination de l'acide carbonique.	Gaz de l'appareil.....	71,5	
	Id. après potasse.....	68,0	
		1	2
Détermination de l'oxygène.	Gaz privé d'acide carbonique.....	14,6	20,0
	Id. + hydrogène.....	47,9	57,2
	Résidu.....	11,0	7,0

Examen du gaz des chambres à air.

Un des œufs (n° 1) est moins dense que l'eau. Ouvert, il paraît avoir subi l'incubation jusqu'au sixième jour et n'est point altéré. L'autre œuf (n° 2) est développé jusqu'au douzième jour; mais il présente plusieurs modifications considérables. (V. le texte, p. 633.)

		Œuf n° 1.	Œuf n° 2.
Détermination de l'acide carbonique.	Gaz.....	24,6	17,80
	Id. après potasse.....	24,4	17,60
Détermination de l'oxygène.	Gaz privé d'acide carbonique.....	13,9	14,36
	Id. + hydrogène.....	30,0	40,00
	Gaz azote.....	22,8	26,60

RÉSULTAT DU CALCUL.

Composition du gaz de l'appareil.

	Avant l'expérience.	Après l'expérience.
Gaz carbonique.....	0,0248	0,0489
Gaz oxygène.....	0,8463	0,8007
Gaz azote.....	0,1289	0,1504

Composition du gaz des chambres à air.

	1er œuf.	2e œuf.
Gaz carbonique	0,0081	0,0112
Gaz oxygène	0,1712	0,9217
Gaz azote	0,8207	0,0671

Volume de gaz à 0 et 7600^{lm} de pression barométrique.

Avant l'expérience	1422^{c}
Après l'expérience	1333
Différence ou absorption	89

Composition du gaz en volume et en poids

		Volume.	Poids.
Avant l'expérience.	Gaz carbonique	35^{c}3	0^{gr}0698
	Gaz oxygène	1203, 4	1, 7329
	Gaz azote	183, 3	0, 2309
Après l'expérience.	Gaz carbonique	65, 0	0, 1295
	Gaz oxygène	1067, 3	1, 5369
	Gaz azote	200, 5	0, 2526

COROLLAIRE.

Gaz oxygène employé	136^{c}1	0^{gr}1960
Gaz oxygène dans le gaz carbonique	29, 9	0, 0430
Gaz oxygène absorbé	106, 2	0, 1529
Gaz carbonique produit	29, 9	0, 0592
Gaz azote exhalé	17, 2	0, 0216
Carbone dans le gaz carbonique		0, 0161

INCUBATION DANS LE GAZ HYDROGÈNE.

16 JUILLET 1845.

L'appareil est toujours le même que celui qui a servi aux expériences de cette année. Il n'a pu être rempli autrement que par déplacement, et il y est resté de l'air. Cet air n'a pas troublé les résultats négatifs que l'on eût eus avec le gaz hydrogène pur.

2 œufs sont employés à cette expérience. Ils étaient soumis à l'incubation naturelle depuis le 3 juillet, à 7 heures du soir.

L'expérience commence le 16, à 11 h. 30'; elle est terminée le 18, à 6 h. 45' du matin.

DONNÉES EXPÉRIMENTALES.

	Avant l'expérience.	Après l'expérience.
Poids des œufs	105gr000	103gr370
Température de l'étuve	16° 9	19° 0
Température des gazomètres	17, 4	18, 6
Pression barométrique	7618dm0	7631dm0
Volume au gazomètre sans robinet	58div8	48div5
Volume au gazomètre à robinet	13, 1	13, 2
	71, 9	61, 7
Volume des œufs		102cc0
Volume du sel marin		67, 5

Analyse du gaz de l'appareil.

Avant l'expérience.

	1	2
Gaz de l'appareil une fois rempli	22,4	28,0
Id. + oxygène	43,0	53,5
Résidu	17,7	23,0

Ce gaz est un mélange d'hydrogène et d'air. Il suffisait donc de déterminer le volume de l'hydrogène qu'il contenait.

Après l'expérience.

Détermination	Gaz		61,0
	Id. après potasse		60,0
		1	2
Détermination de l'hydrogène.	Gaz privé d'acide carbonique	32,0	28,3
	Id. + oxygène	50,3	51,0
	Résidu	17,6	21,7
Détermination de l'oxygène.	Résidu précédent	17,6	21,7
	Id. + hydrogène	38,5	50,2
	Résidu	13,8	10,8

Ces analyses ont été faites avec de l'oxygène mêlé d'air, mais

dont le mélange, d'après trois analyses, contenait 0,9383 d'oxygène pur. Il a été tenu compte de cette circonstance dans les calculs.

Analyse du gaz des chambres à air.

Ce gaz ne contient pas d'acide carbonique; il est examiné pour savoir s'il contient de l'hydrogène et de l'oxygène.

Gaz	14,0	23,5	incombustible.
Id. + oxygène	30,3	36,6	*id.*
Id. Id. + hydrogène	40,3	50,1	combustible.
Résidu	26,5	30,6	
Id. + hydrogène	53,8	55,5	
Résidu	14,0	22,0	

De l'hydrogène a été ajouté en premier lieu, pour rendre inflammable le peu d'hydrogène qui aurait pu se trouver dans l'eudiomètre. Il en a encore été ajouté une seconde fois, pour voir si le mélange contenait de l'oxygène.

RÉSULTAT DU CALCUL.

Composition des mélanges gazeux.

	DES GAZOMÈTRES.		DES CHAMBRES À AIR.	
	Avant l'expérience.	Après l'expérience.	1	2
Gaz hydrogène	0,7481	0,6746	//	0,0213
Oxygène	0,0524	0,0580	0,1115	0,1872
Azote	0,1995	0,2510	0,8885	0,7915
Gaz carbonique	//	0,0164	//	//

Volume du gaz de l'appareil à 0° et 7600^{dm} de pression barométrique.

Avant l'expérience	1317^{cc}
Après l'expérience	1264
Différence ou volume absorbé	53

Composition du gaz en volume et en poids.

		Volume.	Poids.
Avant l'expérience.	Hydrogène	985^{cc}	0^{gr}0886
	Oxygène	69	0,0994
	Azote	263	0,3314

Après l'expérience.	Hydrogène	853cc	0gr0768
	Oxygène	73	0, 1051
	Azote	317	0, 3994
	Acide carbonique	21	0, 0415

COROLLAIRE.

Hydrogène disparu	132cc
Oxygène en plus	4
Azote en plus	54
Acide carbonique exhalé	21

Ce dernier résultat conduit à penser qu'il est rentré de l'air dans l'appareil. Quoi qu'il en soit, le plus important était de constater l'effet du gaz sur les œufs. (Voir le texte pour le résultat de l'autopsie, p. 632.)

INCUBATION DANS LE GAZ CARBONIQUE.

19 JUILLET 1845.

Trois œufs couvés naturellement depuis le 5 du mois courant sont placés dans l'appareil, que l'on remplit de gaz carbonique par voie de déplacement.

Toutes les mesures sont prises comme dans les expériences précédentes, mais il y a eu une forte absorption de gaz par l'eau des gazomètres, et ces mesures sont ainsi devenues inutiles.

Avant l'expérience le gaz contenait 0,9164 d'acide carbonique.

A la fin de l'expérience, le gaz des chambres à air est soumis à l'analyse par la potasse et le phosphore.

	1	2
Gaz	30,8	45,1
Après potasse	30,3	41,2
Volume après phosphore	25,7	33,4

RÉSULTAT.

	1	2
Acide carbonique	0,0163	0,0866
Oxygène	0,1493	0,1729
Azote	0,8344	0,7405

L'examen autoptique est consigné dans le texte, p. 632.

EXPÉRIENCES

RELATIVES

AUX FONCTIONS DE LA CHAMBRE A AIR DES ŒUFS DES OISEAUX.

17 JUILLET 1845.

Un œuf couvé artificiellement depuis le 5 juillet, à 7 heures du matin, est placé dans deux sacs de caoutchouc imperméables, qui ne communiquent point entre eux, de telle manière que la partie de la coque correspondant à la chambre à air est complétement contenue dans l'un des sacs, tandis que la pointe de l'œuf est dans l'autre.

L'expérience commence à 5 heures du soir. Le 19, à 8 heures du matin, les sacs paraissent comprimés, par suite d'une diminution dans le volume du gâz qu'ils renferment.

Sac de la chambre à air.

Expérience		Calcul.	
Gaz avant potasse	48,2		
Id. après potasse	47,2	Acide carbonique	0,0207
Id. + hydrogène	40,2	Oxygène	0,0611
(Ce mélange est incombustible.)			
Id. + oxygène	47,2	Azote	0,9182
Résidu	21,8		

Sac de la pointe de l'œuf.

Expérience.		Calcul.	
Gaz avant potasse	49,0		
Id. après potasse	48,0		
I.			
Gaz — acide carbonique	23,0	Acide carbonique	0,0204
Id. hydrogène	35,9	Oxygène	0,1027
Résidu	28,4	Azote	0,8769
II.			
Gaz — acide carbonique	25,7		
Id. + hydrogène	39,7		
Résidu	31,6		

Gaz contenu dans la chambre à air.

Gaz avant potasse	15,6		
Après potasse	15,3	Acide carbonique	0,0193
Id. + hydrogène (Incombustible.)	25,8	Oxygène	0,1352
		Azote	0,8455
Id après potasse	24,4		

A l'ouverture de l'œuf, on trouve qu'il était développé normalement, mais que l'animal était mort récemment, sans doute par le manque d'air. Tout est en bon état; mais les vaisseaux sont peu apparents; on n'en voit que les gros troncs.

Il est évident que cette expérience a été beaucoup trop prolongée, vu la capacité des sacs : ils ne contenaient chacun qu'environ 12 centimètres cubes d'air.

22 JUILLET 1845.

Deux œufs couvés naturellement depuis le 5 juillet après midi sont introduits et scellés dans des sacs de caoutchouc, un pour chaque extrémité, ne communiquant point entre eux.

Ils sont mis à l'étuve à 1 heure; ils en sont retirés le 24 juillet, à 12 h. 30′, et examinés immédiatement.

ŒUF N° 1.

Gaz du sac de la chambre à air.

Expérience.		Calcul.	
Gaz avant potasse	70,0		
Id. après potasse	69,1	Acide carbonique	0,0130
Gaz — acide carbonique	27,0	Oxygène	0,1034
Id. + hydrogène	36,7	Azote	0,8836
Résidu	28,2		

Gaz du sac de la pointe de l'œuf.

Expérience.		Calcul.	
Gaz du sac	70,2		
Id. après potasse	69,5		
Gaz — acide carbonique	19,4	Acide carbonique	0,0092
Id. + hydrogène	30,1	Oxygène	0,0979
(Incombustible.)		Azote	0,8929
Après phosphore	28,2		

Gaz de la chambre a air.

Expérience.		Calcul.	
Gaz avant potasse	21,3	Acide carbonique	0,0142
Id. apres potasse	21	Oxygène	0,1281
Id. + hydrogène	29,1	Azote	0,8577
Résidu	20,9		

ŒUF N° 2.

Gaz du sac de la chambre a air, 12°5.

Expérience.		Calcul.	
Gaz du sac	59,5		
Id. après potasse	58,2		
Gaz privé d'acide carbonique	36,2	Acide carbonique	0,0220
Id. + hydrogene	44,1	Oxygène	0,0863
Résidu	34,5	Azote	0,8917

Gaz du sac de la potate de l'œuf, 13°3.

Expérience.		Calcul.	
Gaz du sac	53,8		
Id. apres potasse	53,0		
1			
Gaz — acide carbonique	19,5		
Id. + hydrogène	"	Acide carbonique	0,0149
(Incombustible.)		Oxygène	0,0751 ?
Id. après phosphore	26,0	Azote	0,9100
2			
Gaz — acide carbonique	33,9		
Id. + hydrogène	42,1		
(Incombustible.)			
Id. après phosphore	39,5		

Gaz de la chambre à air.

Expérience.		Calcul.	
Gaz	25,6	Acide carbonique	0,0157
Id. après potasse	25,2	Oxygène	0,1105
Id. + hydrogène	35,0	Azote	0,8738
Résidu	26,5		

OEuf n° 1. Membrane interne de la chambre à air, couleur cerise. Poulet mort, très-avancé dans son évolution, n'a dû vivre que très-peu de temps après le commencement de l'expérience. Vaisseaux en partie disparus. Les gros sont injectés.

OEuf n° 2. Comme le précédent.

RÉSULTATS DE L'INCINÉRATION DES ŒUFS DE POULE.

Combustion des œufs de poule avant et pendant l'incubation.

A	Matière sèche	10^{gr}	5^{gr}000	5^{gr}000
	Résidu	1,793	0,880	0,860
B	Matière sèche	10,000	5,000	5,000
	Résidu	1,851	0,810	0,900
C	Matière sèche	10,000	5,000	5,000
	Résidu	1,783	0,870	0,845
D	Matière sèche	10,000	5,000	5,000
	Résidu	1,660	0,810	0,765

A	B	C	D
0,1793	0,1851	0,1783	0,1660
0,1760	0,1620	0,1740	0,1620
0,1702	0,1800	0,1690	0,1530
0,5273	0,5271	0,5213	0,4810

Moyenne

A	0,1757
B	0,1754
C	0,1737
D	0,1603

Produits obtenus des œufs après les avoir détruits par l'azotate hydrique.

	Phosphate de chaux.	Carbonate de chaux.	Acide sulfurique.	Soufre.
Œufs non couvés	0,0339	0,1532	0,00648	0,00258
Œufs couvés pendant 18 jours	0,401	0,2201[1]	indices	indices.

L'œuf desséché est pris comme unité.

REPTILES.

INCUBATION DANS L'AIR LIMITÉ.

ŒUFS DE COULEUVRE À COLLIER.

21 JUILLET 1845.

Le 20 juillet, dix œufs de couleuvre à collier ont été placés dans un vase semblable à celui représenté par la figure 2 de la planche XXVI, et le tout a été introduit dans un appareil à courant comme celui de la figure 1re de la même planche, muni d'un condensateur de Liebig contenant de l'eau de baryte, afin de s'assurer qu'ils donnaient de l'acide carbonique. L'expérience ayant réussi dans ce sens, le lendemain les mêmes œufs ont été introduits dans un appareil à gazomètre (pl. XVII), dans lequel on a supprimé les vases à chlorure calcique, afin de ne point dessécher l'air.

L'étuve a été entretenue à + 30 degrés jusqu'au 22, jour où l'on a terminé l'expérience.

DONNÉES EXPÉRIMENTALES.

Poids des œufs.	Avant l'expérience	31gr081
	Après l'expérience	30, 535

Désirant ne faire marcher l'expérience que pendant peu de temps, nous avons cru utile de faire l'analyse de l'air du labora-

[1] L'augmentation très-considérable du phosphate et du carbonate calcique pourrait être due à une inégale répartition de la coquille dans les deux expériences, et aussi, à ce que les œufs n'étaient point identiques; mais le rapport du phosphate au carbonate n'est pas le même dans les deux cas, et il doit y avoir une autre cause qui a pu produire la différence obtenue.

toire, pour qu'elle servît de terme de comparaison. En voici le résultat :

Air	34,5		
Id. + hydrogène	52,0	D'où oxygène	0,2087
Résidu	30,4		

Analyse de l'air du gazomètre à la fin de l'expérience.

Air	93,6		
Id. après potasse	92,8	D'où acide carbonique	0,0085
DIFFÉRENCE	0,8		
Air privé d'acide carbonique	36		
Id. hydrogène	67	D'où oxygène	0,1850
Résidu	47		

Composition de l'air du gazomètre à la fin de l'expérience.

Acide carbonique	0,0085
Oxygène	0,1834
Azote	0,8081

Cette expérience, ainsi que celles qui ont été faites sur les œufs des oiseaux, indique une absorption d'oxygène et une exhalation d'eau et d'acide carbonique.

23 JUILLET 1845.

L'incubation a lieu dans l'air; l'appareil est le même que celui qui a servi aux expériences de la même année.

L'étuve est allumée à midi 35 minutes; on l'éteint le 25, à 11 heures du matin.

DONNÉES EXPÉRIMENTALES.

	Avant l'expérience.	Après l'expérience.
22 œufs pesent ensemble	100^{gr}35	88^{gr}97
Température de l'étuve	20° 2	21° 8
Température des gazomètres	17, 9	20, 8
Volume au gazomètre à robinet	30^{div}0	9^{div}0
Volume au gazomètre sans robinet	124, 2	115, 0
	154, 2	144, 0
Volume des œufs	88^{cc}5	
Volume du sel marin	15, 0	

Examen du gaz de l'appareil après l'expérience.

Expérience.	Gaz	68,7	Résultat.	Acide carbonique	0,0640
	Gaz après potasse	65,0		Oxygène	0,0887
	Gaz après phosphore	58,9		Azote	0,8473

RÉSULTAT DU CALCUL.

Volume du gaz réduit à 0° et à 76° de pression barométrique	Avant l'expérience	2191cc
	Après l'expérience	2081
Différence ou absorption		110

Composition du gaz de l'appareil en volume et en poids.

Avant l'expérience.

	Volume.	Poids.
Oxygène	456cc	0gr6566
Azote	1735	2,1861
Gaz carbonique	133cc	0gr2633
Gaz oxygène	185	0,2664
Gaz azote	1765	2,2214

COROLLAIRE.

Gaz oxygène employé	271cc	0gr3902
Gaz oxygène dans le gaz carbonique	133	0, 1915
Gaz oxygène absorbé	138	0, 1976
Gaz azote exhalé	28	0, 0353

EXPLICATION DES PLANCHES.

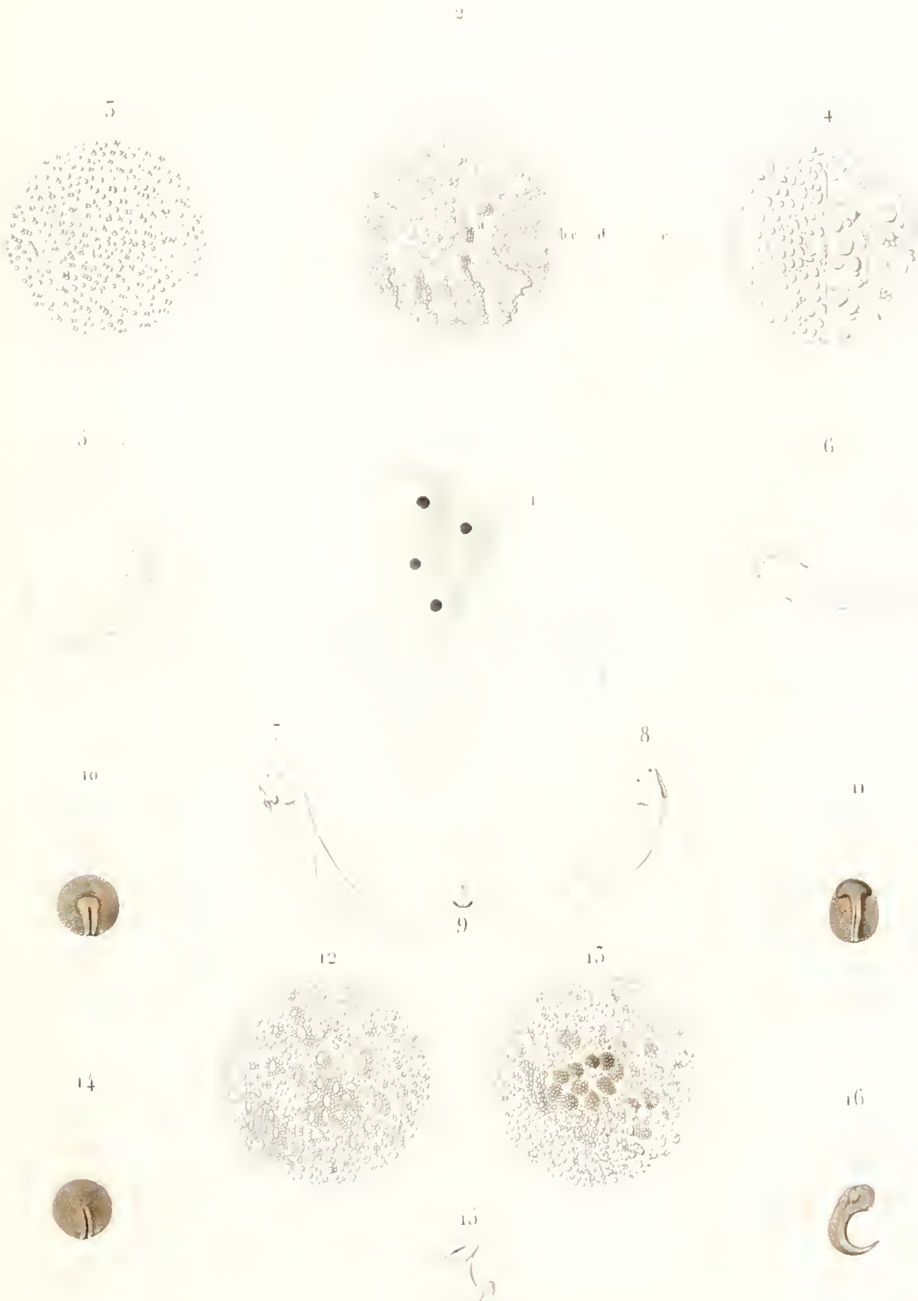
PLANCHE I.

GRENOUILLE VERTE.

Constitution de l'œuf avant et après la fécondation, et développement du têtard.

Fig. 0. Granulations vitellines avant la fécondation.
Fig. 1. OEuf de grandeur naturelle fécondé.
Fig. 1ª. Cercle anal au centre du vitellus grossi.
Fig. 1ᵇ. Granulations vitellines après la fécondation.
Fig. 2. Développement des masses latérales du rachis.
Fig. 3. Degré plus avancé de ce même développement.
Fig. 4. Région céphalique du têtard.
Fig. 5. Région anale sur le même œuf retourné.
Fig. 6. Région dorsale d'un têtard plus développé, en avant de laquelle on voit l'abdomen.
Fig. 7. Même partie vue de profil. Ici le jaune indique l'étendue de l'abdomen.
Fig. 8. Masses latérales du rachis soudées entre elles. La région ventrale est en dessous.
Fig. 9. Mêmes parties vues de profil pour montrer l'ébauche de la tête et l'étendue de l'abdomen.
Fig. 10. Têtard plus développé vu par la région abdominale. A cette époque, le petit animal tourne sans cesse sur son axe, de gauche à droite, dans le liquide que renferme la membrane chalazique, faisant ici les fonctions de l'amnios.
Fig. 11. Le même têtard vu par la région dorsale.
Fig. 12. Têtard vu de profil et plus avancé dans son développement. A cette époque l'animal se meut dans le sens de son axe en tournant de droite à gauche.

CONSTITUTION DE L'OEUF DE LA GRENOUILLE VERTE AVANT ET APRÈS LA FÉCONDATION



Martin S[t] Ange pinx		Breveté sculp

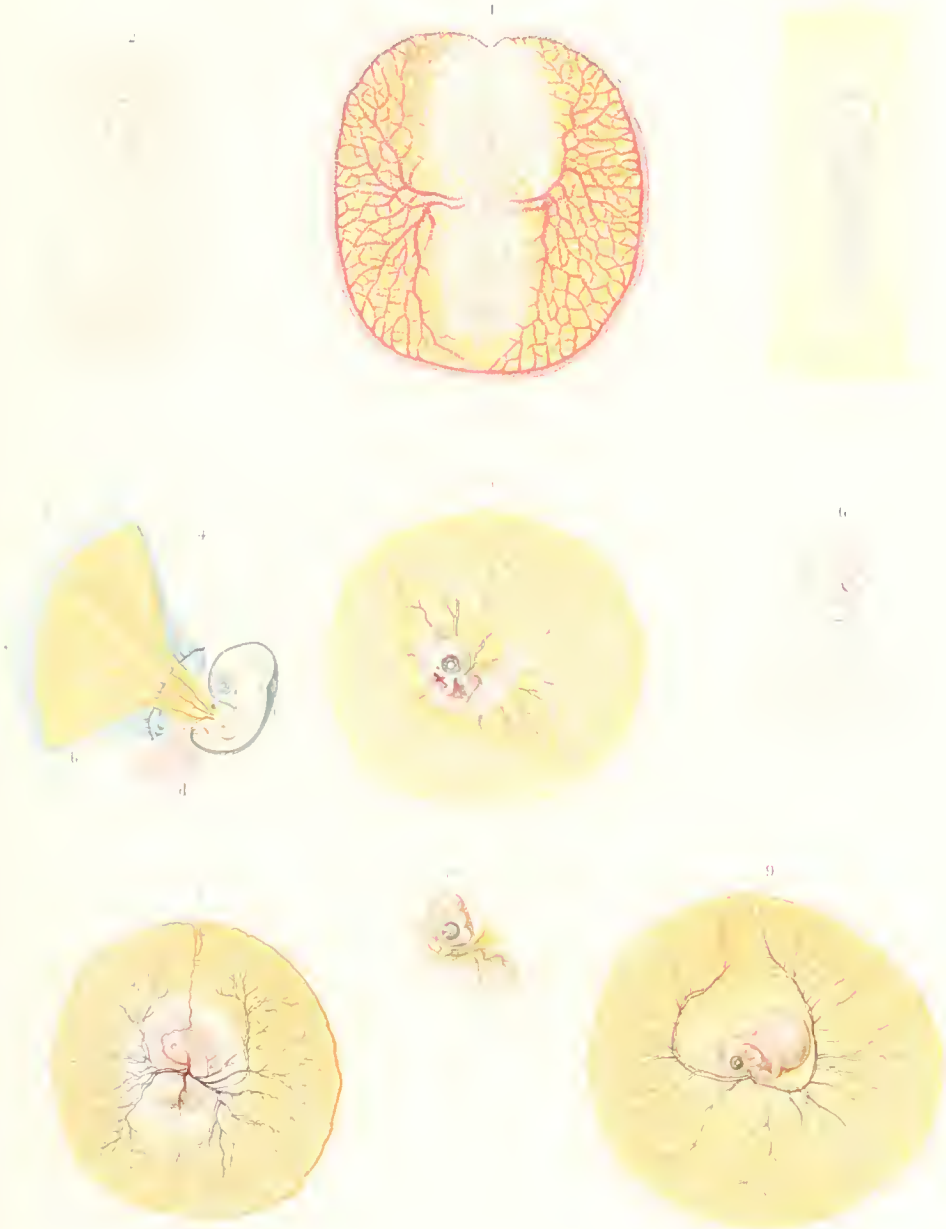
CONSTITUTION DE L'ŒUF DU CRAPAUD COMMUN AVANT ET APRÈS LA FÉCONDATION

CONSTITUTION DE L'OEUF DE LA POULE AVANT ET APRES LA FECONDATION

(Par MM Baudrimont et Martin St Ange)

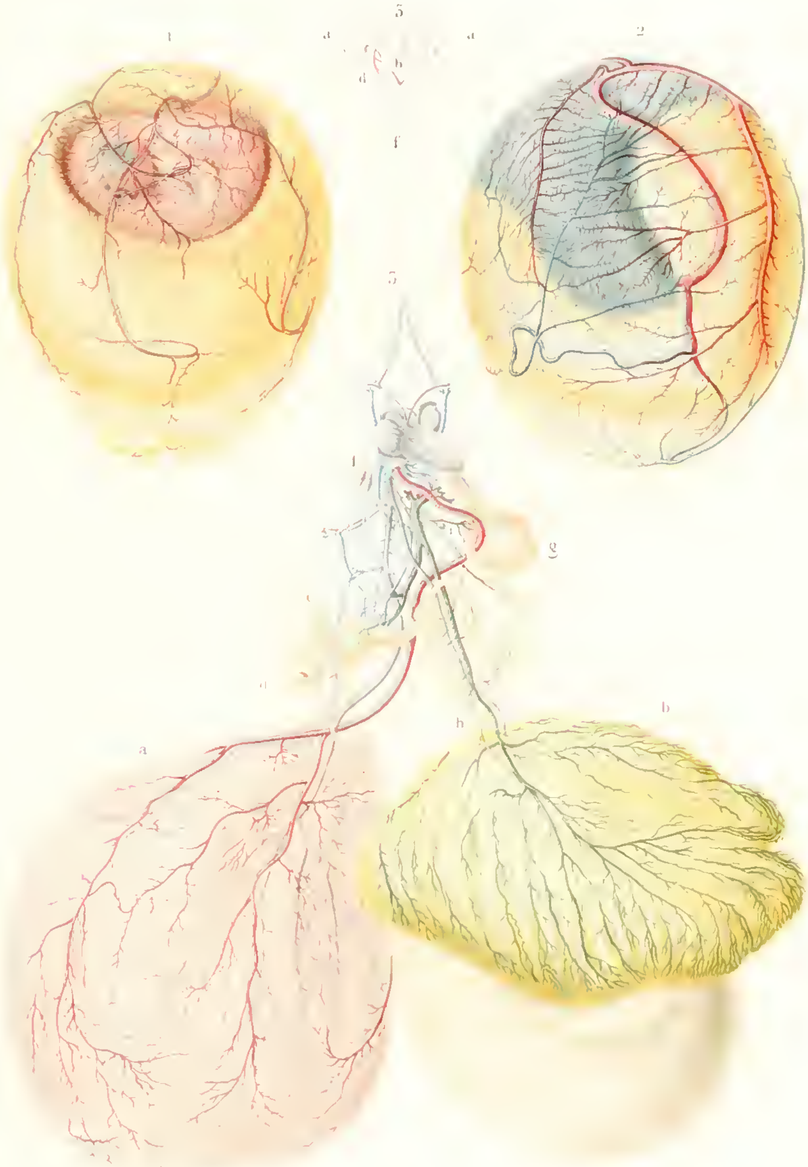
Martin et Lange pinx.

CIRCULATION PRIMITIVE DU SANG, CHEZ UN POULET AU 5e J. DE L'INCUBATION



FORMATION DES VAISSEAUX ET DEVELOPPEMENT DU POULET

Par MM. [illegible]



Martin S Ange · V Rémond Imp · J P Visto sc

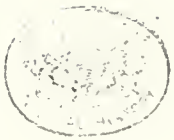
DISPOSITION DE L'ALLANTOIDE, CIRCULATION GÉNÉRALE DU SANG CHEZ LE POULET AU 15e Jr DE L'INCUBATION

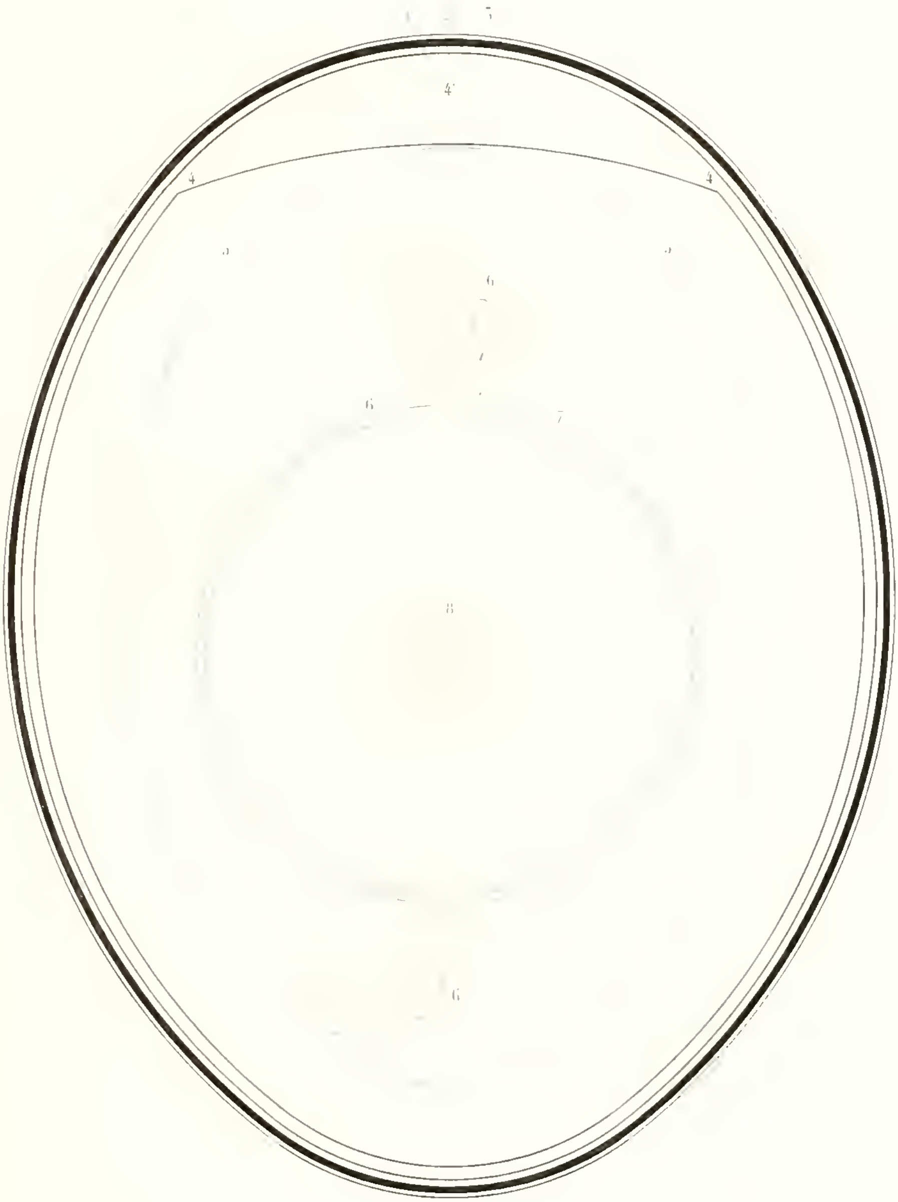
(Par MM Baudrimont et Martin St Ange)

NATURAL HISTORY

CICATRICULE OMBILICALE, VITELLUS CONTENU DANS L'ABDOMEN LE 2e J. DE L'INCUBATION

(Par MM Baudrimont et Martin St Ange)

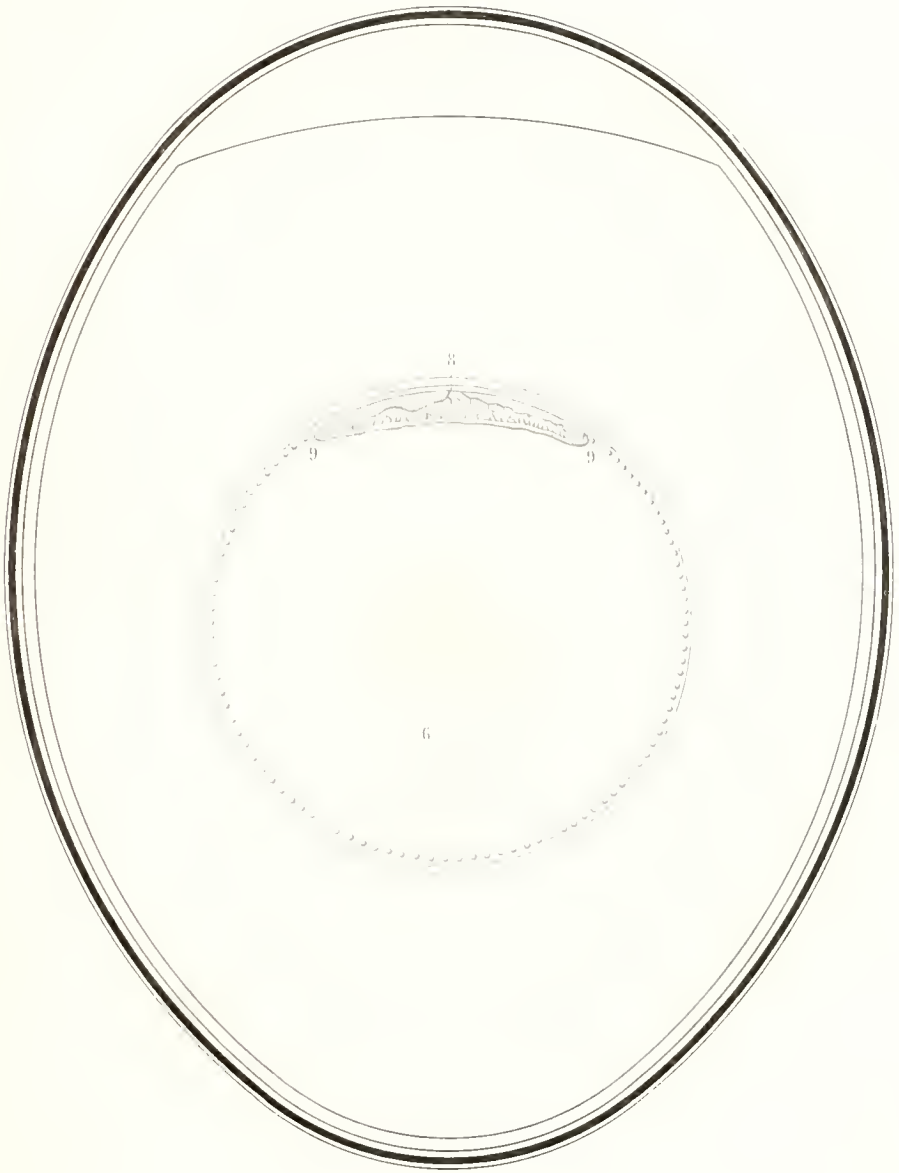




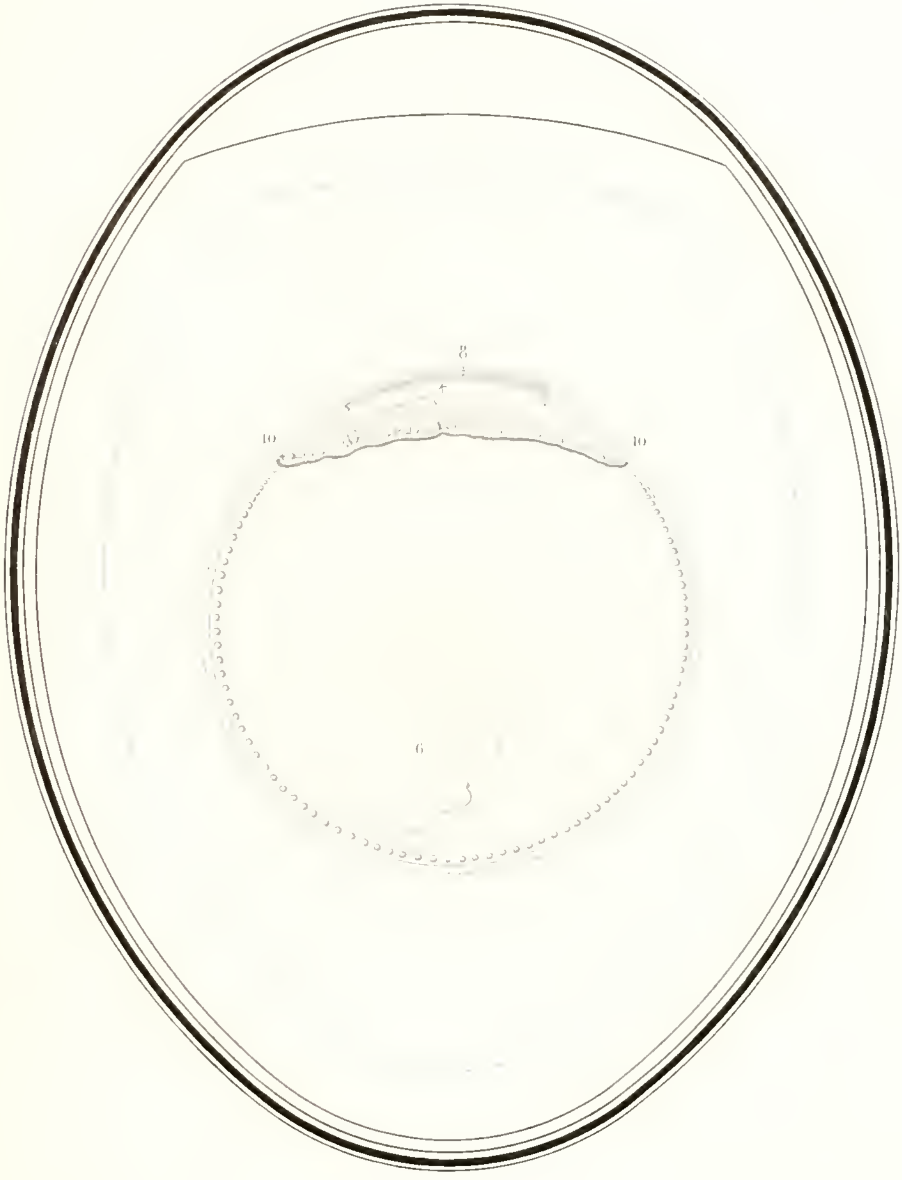
Martin St Ange pinx. *A. Remond imp.*

COUPE THÉORIQUE D'UN ŒUF DE POULE GROSSI

(Par MM. Baudrimont et Martin St Ange.)



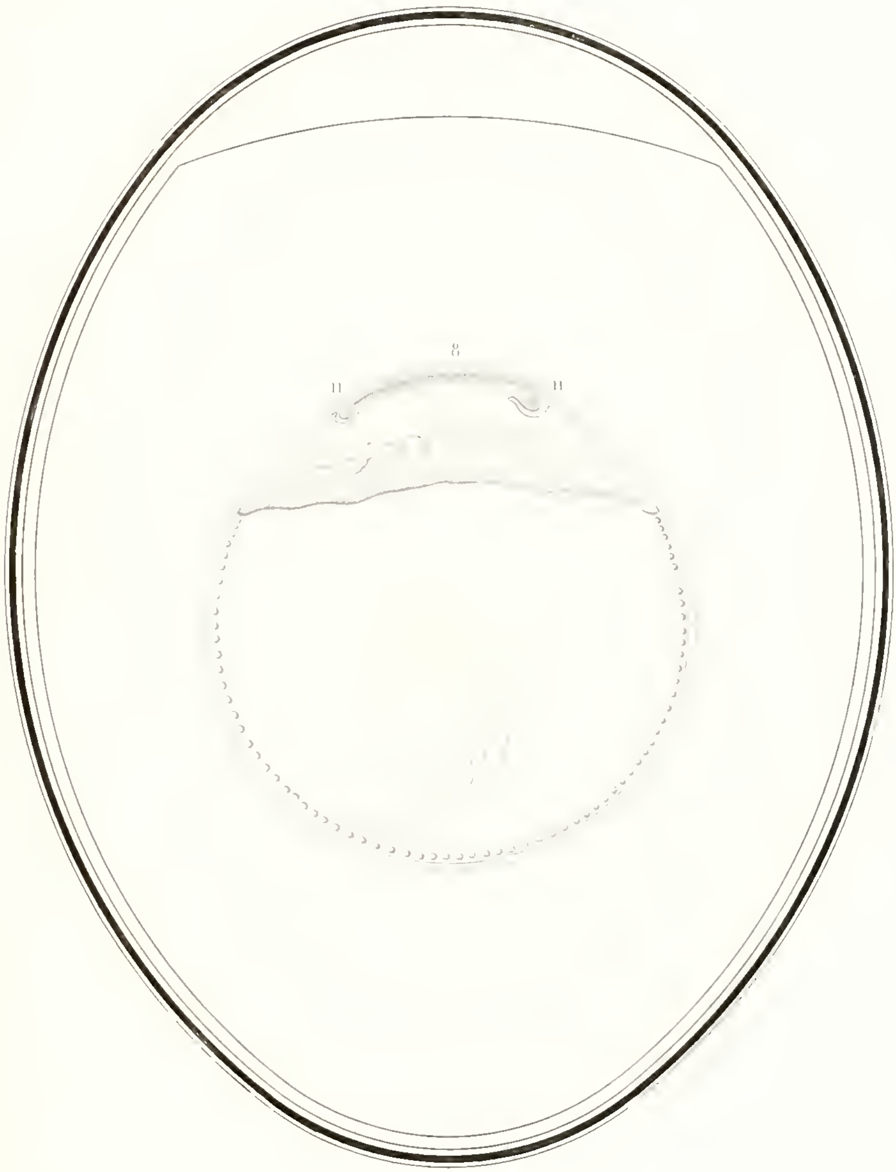
COUPE THEORIQUE D'UN OEUF DE POULE GROSSI



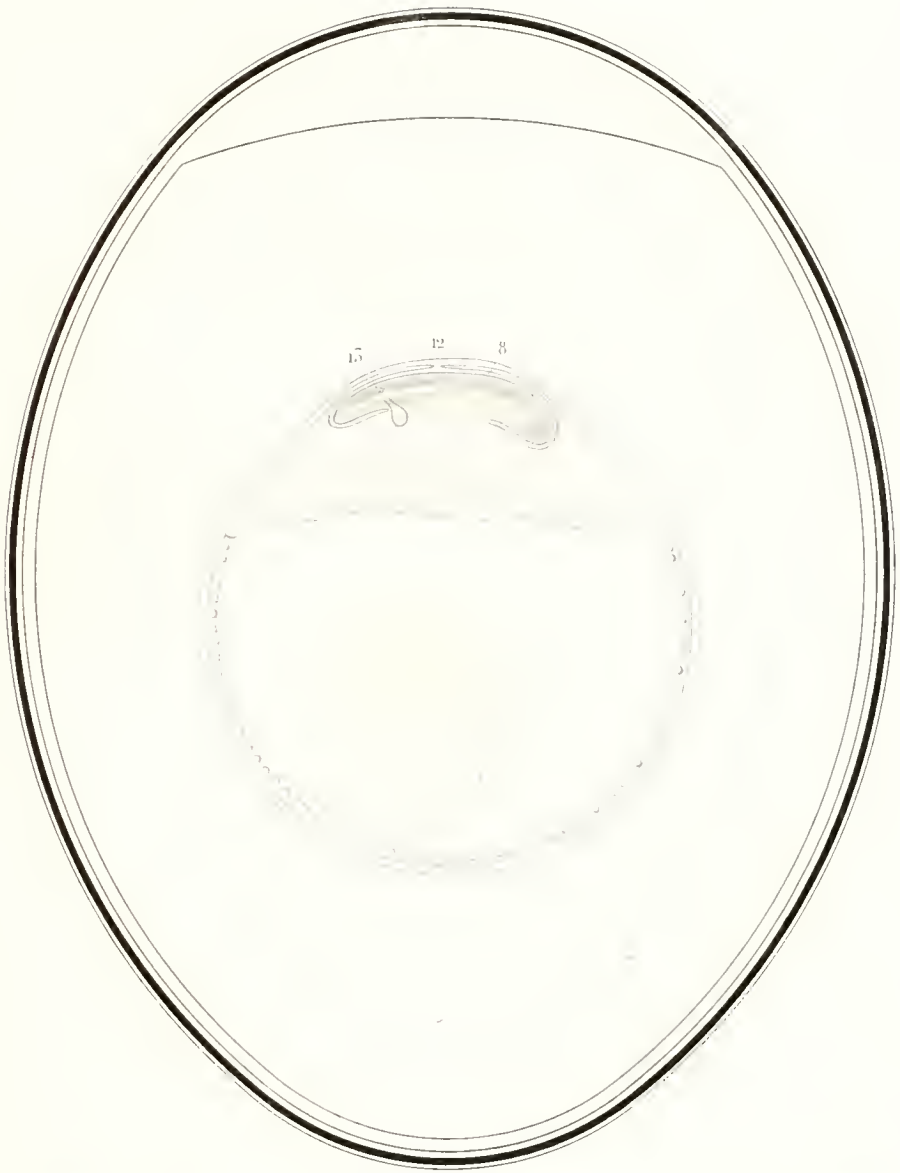
Martin S. Ange pinx. *V. Rerond Imp.* *[illegible] sc.*

COUPE THÉORIQUE D'UN ŒUF DE POULE GROSSI

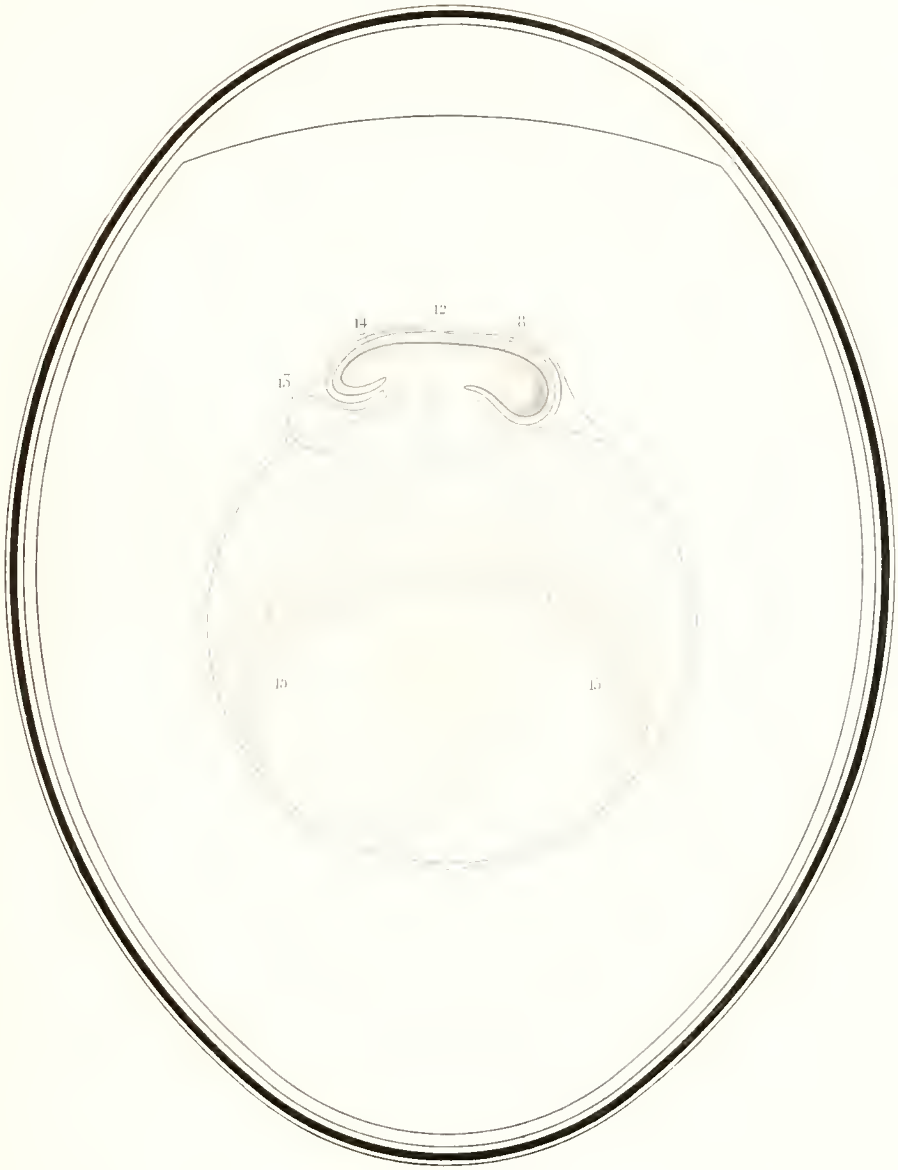
par MM. Baudrimont et Martin S. Ange



COUPE THÉORIQUE D'UN ŒUF DE POULE GROSSI



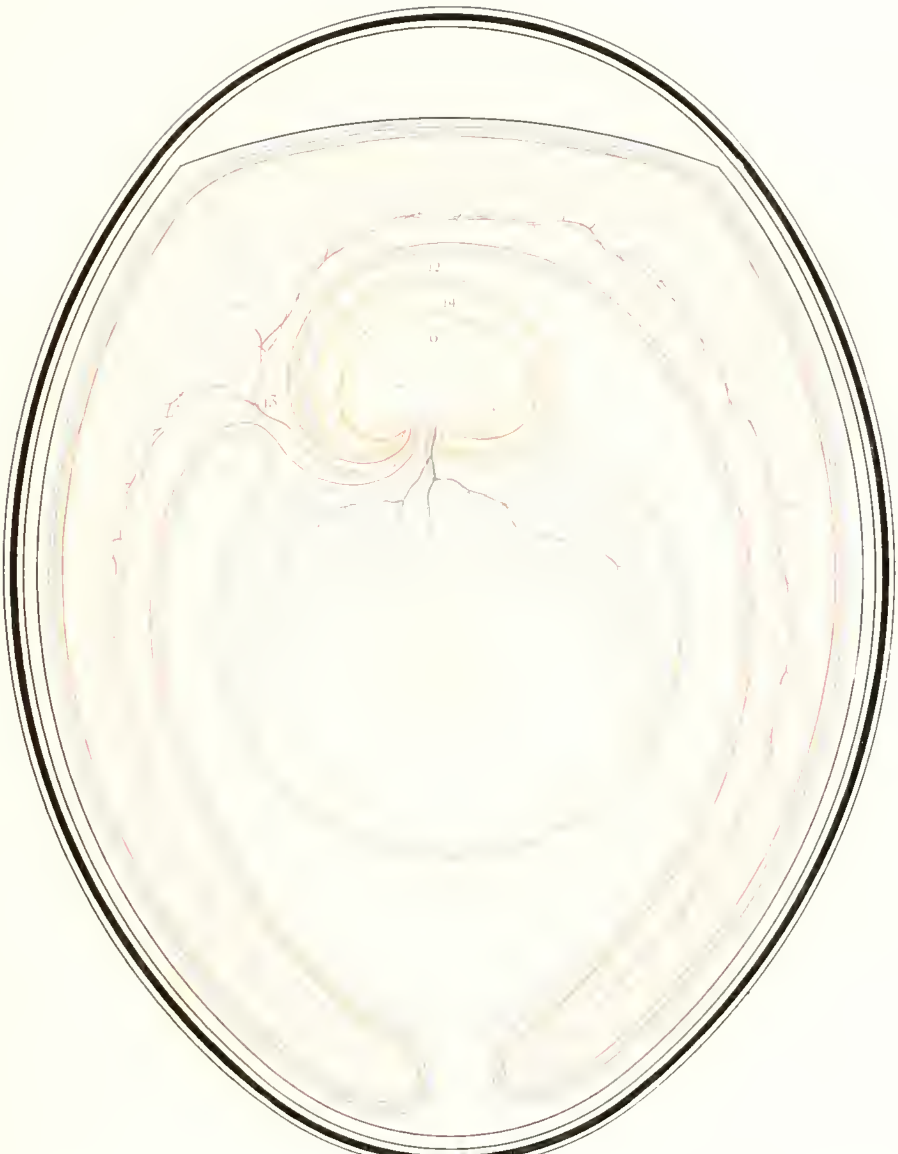
COUPE THEORIQUE D'UN OEUF DE POULE GROSSI



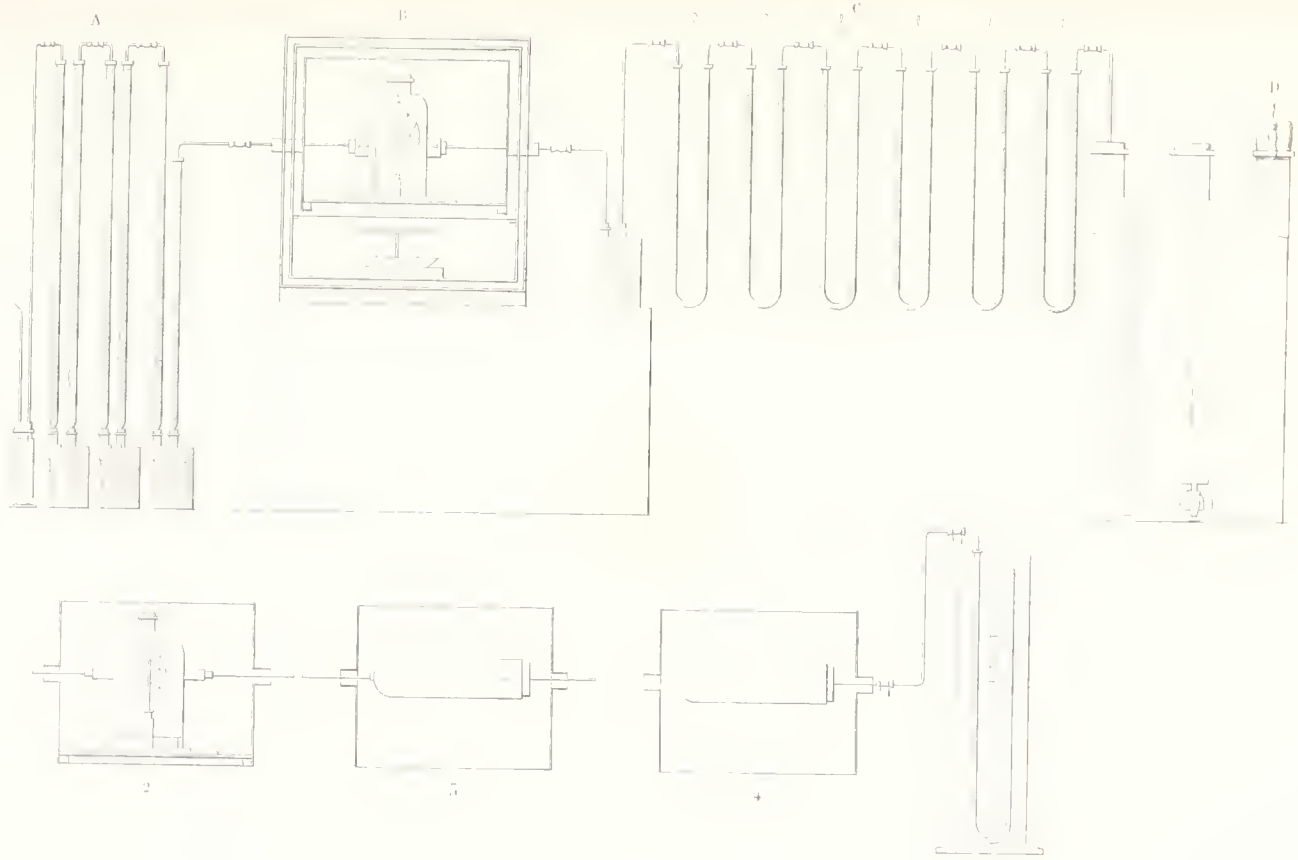
Martin St Ange pinx.   A Remond Imp.   J.F. Visto sc.

COUPE THÉORIQUE D'UN ŒUF DE POULE GROSSI

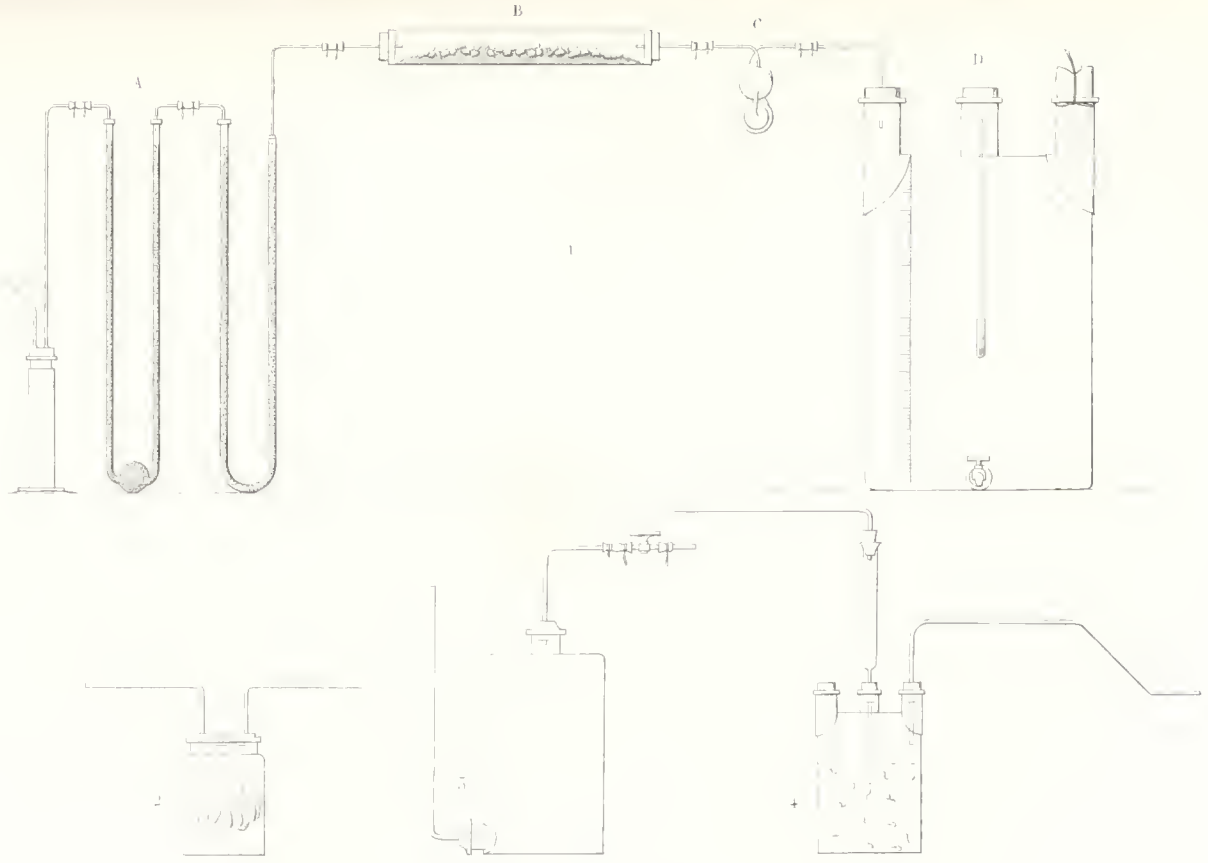
Par MM. Baudrimont et Martin St Ange.



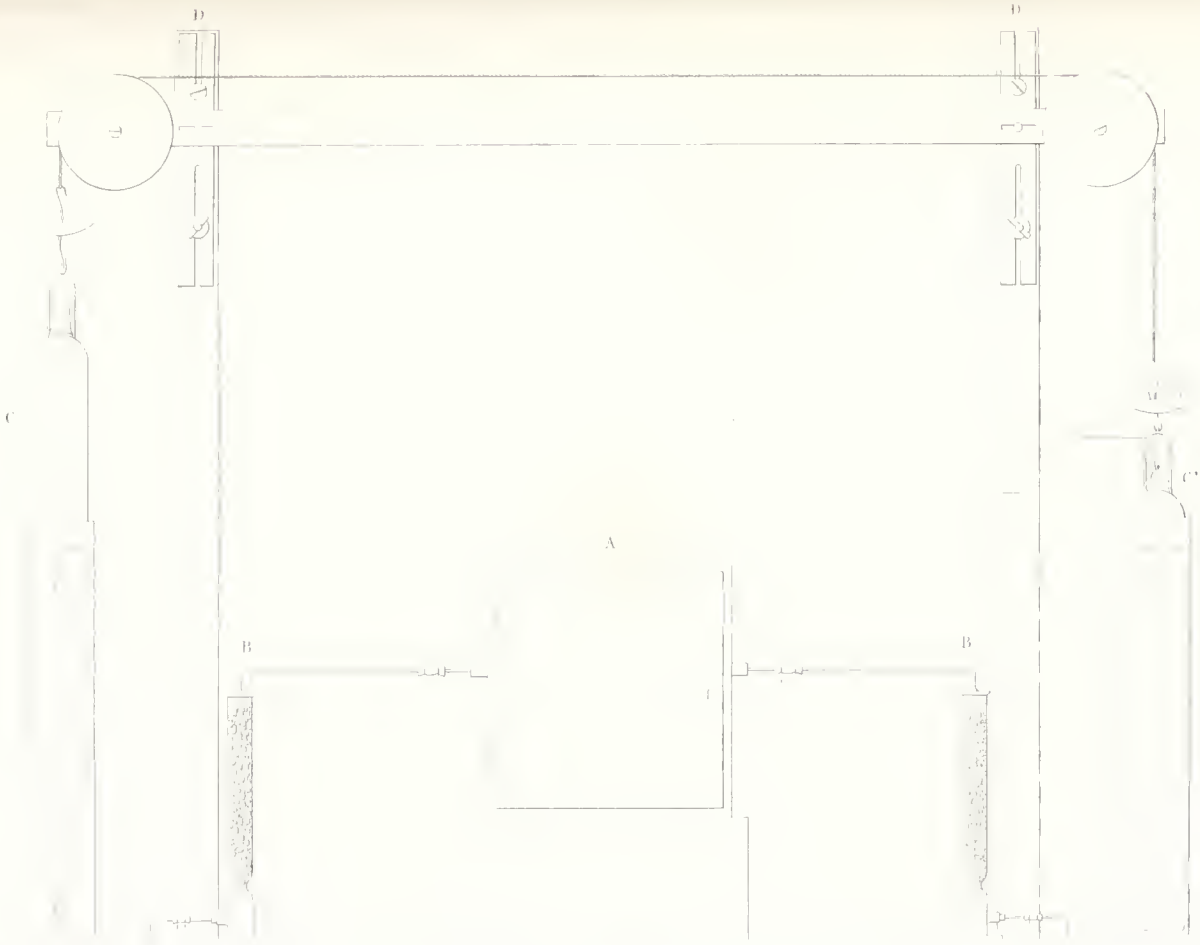
COUPE THÉORIQUE D'UN ŒUF DE POULE GROSSI



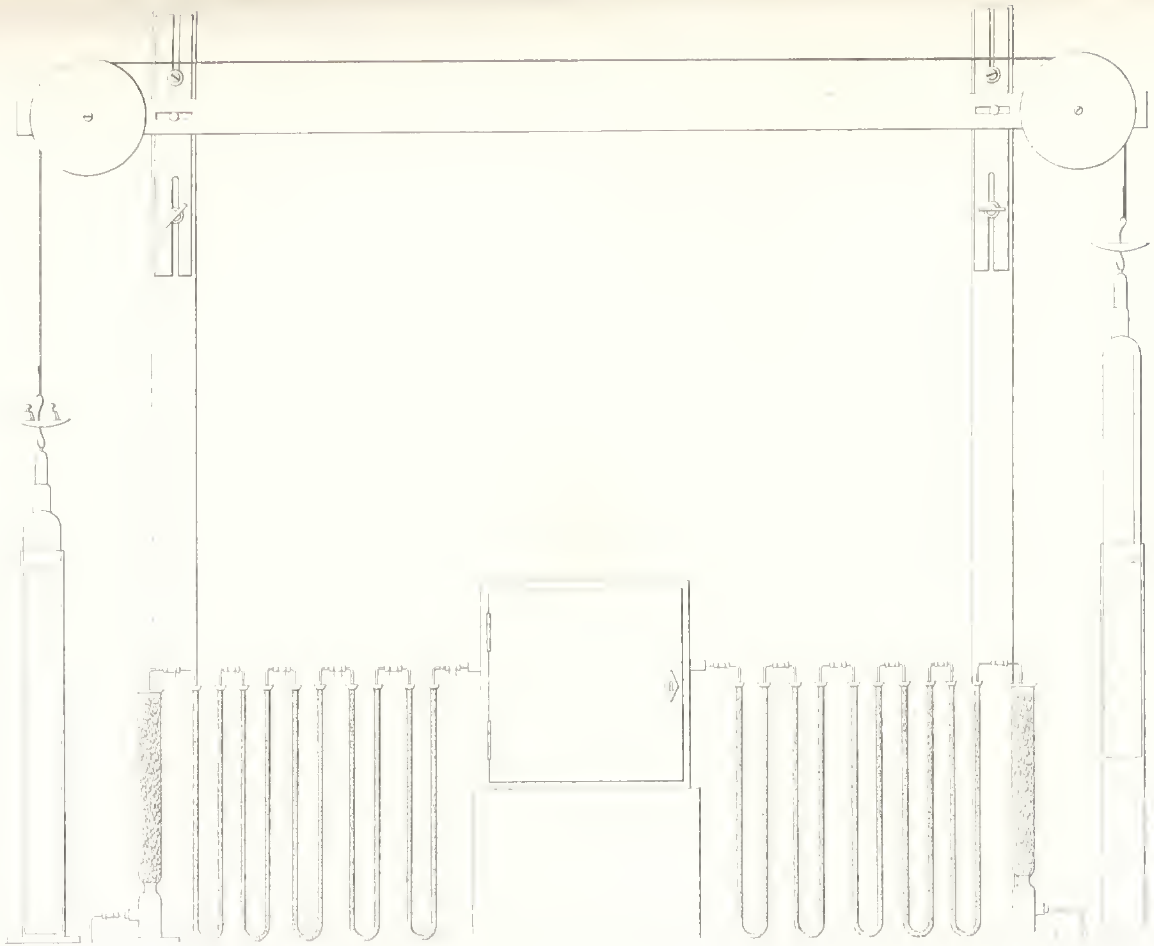
APPAREIL A COURANT CONTINU ET DETAILS RELATIFS A L'ETUVE ET AU MANOMETRE



APPAREILS DIVERS, PHENOMENES DE L'EVOLUTION EMBRYONNAIRE &c



APPAREIL A COURANT ALTERNATIF SIMPLIFIÉ



Gaudement pinx — I Remond Imp — J P sc.

APPAREIL COMPLET A COURANT ALTERNATIF

(De MM Fontemont et Martin S^t Ange)

Fig. 12[a]. Granulations de la substance rachidienne du têtard en question.

Fig. 12[b]. Granulations contenues dans la région abdominale de ce même têtard.

Fig. 13. Têtard plus développé. On aperçoit quelques mouvements volontaires de l'animal.

Fig. 13[a] Encéphale de ce têtard.

Fig. 13[b]. Même partie vue de profil.

Fig. 13[c]. Globules sphériques de la substance médullaire.

Fig. 13[d]. Globules du sang du même têtard.

Fig. 13[e]. Globules du sang de la grenouille adulte pour servir de terme de comparaison avec les précédents.

Fig. 14. Globules du sang de l'homme vus comparativement au même grossissement, afin d'établir la différence de forme et de volume.

Fig. 15. Têtard sur le point de sortir de son enveloppe. A cette époque du développement, le petit animal exécute de violents mouvements, afin de rompre son enveloppe protectrice.

Fig. 16. Têtard sorti de l'œuf et dessiné dans la position qu'il garde pendant quelques heures, au fond de l'eau, après les efforts qu'il a faits pour sortir de ses enveloppes.

PLANCHE II.

CRAPAUD COMMUN.

Constitution de l'œuf avant et après la fécondation, et développement du têtard.

Fig. 1. Œufs pris au moment de la ponte.

a. Sphère muqueuse ne contenant pas d'œuf. Les points noirs, qui constituent les œufs, et les cercles qui les entourent, sont, pour la plupart, indiqués au trait seulement.

Fig. 2. Rapports du vitellus et de la membrane vitelline avec les membranes accessoires.

a. Granulations vitellines non fécondées.

b. Membrane vitelline.

c. Première enveloppe muqueuse fournie par l'oviducte.

d. Seconde enveloppe ayant la même origine.

e. Troisième enveloppe fournie également par l'oviducte.

Fig. 3. Granulations vitellines d'un œuf pris dans l'ovaire.

Fig. 4. Côté gauche : granulations trouvées dans le canal alimentaire ; côté droit : détritus amorphe recueilli après la défécation.

Fig. 5 et 6. Têtards contenus dans les membranes de l'œuf et sur le point d'en sortir.

Fig. 7 et 8. Mêmes têtards sortis de l'œuf.

Fig. 9. Disposition de la bouche du jeune têtard vue de face.

Fig. 10 et 14. Formation de la ligne médiane de l'embryon, développement de l'encéphale et de l'abdomen, comme chez le têtard de la grenouille verte.

Fig. 12. Disposition des granulations vitellines prises sur l'œuf fécondé et au moment de la formation de la ligne médiane.

Fig. 11 et 16. Développement plus avancé du têtard.

Fig. 13. Granulations vitellines qui correspondent à ce degré de développement.

Fig. 15. Têtard qui commence à exécuter des mouvements de rotation de gauche à droite.

PLANCHE III.

POULE COMMUNE.

Constitution de l'œuf avant et après la fécondation.

Fig. 1. Portion de l'ovaire grossi et fendu pour mieux voir les grains ovariens.

Fig. 2. Disposition des vaisseaux du calice et du stigma de grandeur naturelle.

Fig. 3. Disposition des deux couches de vaisseaux qui entrent dans la composition du calice.

Fig. 4. Surface villeuse et vasculaire de la partie interne du calice vue à un fort grossissement.

Fig. 5 et 6. Houppes villeuses grossies pour faire voir le mode de terminaison des vaisseaux du calice.

Fig. 7. Portion de la membrane vitelline, vue par sa face interne, sur laquelle se trouve la cicatricule du germe. Celle-ci est composée de la vésicule germinative placée au centre du disque prolifère, qui est limité par un cercle transparent. La couche granuleuse de la membrane vitelline vient après.

Fig. 8. Calice encore ouvert à l'endroit du stigma, de grandeur naturelle.

Fig. 9. Granulations de la substance visqueuse trouvée dans le calice et rendues visibles à l'aide de la baryte.

Fig. 10. Granulations vitellines réunies sous forme de membranes. Ces trois espèces de calottes superposées limitent, dans l'œuf, le disque prolifère où se développe le blastoderme.

Fig. 11. Arrangement des globules contenus dans la vésicule germinative vus à un fort grossissement.

Fig. 12. Œuf fécondé trouvé dans la partie inférieure du cloaque.

Fig. 12′. Disposition des globules vitellins.

Fig. 12″. Granulations vitellines du même œuf, vues à un grossissement plus faible.

PLANCHE IV.

POULE COMMUNE.

Circulation primitive d'un embryon au troisième jour de l'incubation.

Fig. 1. Aire vasculaire de grandeur naturelle.

Fig. 1′. Même fig. grossie. La veine primigéniale, la veine caudale et les veines latérales ou vitellines permanentes, sont indiquées par la couleur rouge; le cœur, l'aorte et les artères latérales de l'aire vasculaire sont en violet. Tout ce système vasculaire est comparable à celui qu'on remarque sur la vésicule ombilicale des mammifères, et qui constitue, après la

naissance, la circulation omphalo-mésentérique de l'embryon.

Fig. 2 à 6. Le cœur du poulet à ses divers degrés de développement. Les fibres charnus de cet organe apparaissent dans l'épaisseur des parois du vaisseau recourbé; ébauche du cœur, du troisième ou quatrième jour de l'incubation (fig. 3).

PLANCHE V.

POULE COMMUNE.

Formation des vaisseaux et développement du poulet.

Fig. 1. Aire transparente et aire vasculaire, observées vers la trente-septième heure de l'incubation. Sur la partie transparente on voit, au centre, la disposition du double cordon encéphalique, flanqué déjà à droite et à gauche des corps vertébraux à l'état rudimentaire, et sur les côtés une multitude de granulations vitellines très-fines, qui se groupent et se serrent les unes contre les autres pour entrer, en se métamorphosant, dans la composition des organes.

Les globules du sang, mis en mouvement par le vaisseau cardiaque, tracent l'aire vasculaire en écartant les vésicules graisseuses contenues dans un double feuillet du blastoderme. Plus tard seulement ce trajet sera limité par de véritables parois vasculaires.

Fig. 2. Disposition du capuchon céphalique. L'embryon est au deuxième jour de l'incubation; il est placé sous la membrane vitelline, et sa tête s'engage sous un repli vitellin qui constituera plus tard, avec le capuchon caudal, la membrane de l'amnios à double feuillet.

Fig. 3. L'embryon, au troisième jour de l'incubation, pour montrer que le capuchon céphalique forme déjà une espèce de sac dans lequel sont engagées la tête et la région cardiaque du futur poulet.

Fig. 4. Embryon au septième jour de l'incubation, faisant connaître ses rapports avec le vitellus et avec les membranes qui l'enveloppent.

a membrane chalazifère dégagée de dessus le petit poulet.

b vitellus et membrane vitelline qui recouvre le feuillet vasculaire du blastoderme.

c sac amniotique à peine soulevé par le liquide qu'il contient.

d allantoïde vasculaire isolée et plissée, tenant au cloaque par son pédicule.

Fig. 5. Embryon au sixième jour de l'incubation; la membrane des chalazes est incisée pour montrer plus distinctement la disposition et les rapports de l'allantoïde.

Fig. 6. Disposition du capuchon céphalique sur un embryon arrivé au troisième jour de l'incubation.

Fig. 7. Embryon de trois jours et demi vu du côté qui correspond au jaune pour montrer la disposition des vaisseaux et les rapports de l'allantoïde,

Fig. 8. Embryon de quatre jours et demi sur lequel on voit l'origine des vaisseaux allantoïdiens.

Fig. 9. Embryon de cinq jours et demi en rapport avec l'allantoïde et les vaisseaux vitellins, disposés en forme de lyre.

PLANCHE VI.

POULE COMMUNE.

Disposition de l'allantoïde, circulation générale du sang chez le poulet au quinzième jour de l'incubation.

Fig. 1. Embryon de onze jours révolus, couché sur le vitellus qu'il déprime, et renfermé dans l'amnios distendu par du liquide transparent. On voit en haut de cette figure une échancrure formée par l'amnios à l'endroit qui correspond à l'ouverture ombilicale. C'est par cette échancrure que passent le pédoncule allantoïdien et ses vaisseaux : ces parties sont placées sous la membrane vitelline qu'elles soulèvent, et par conséquent dans un repli de celle-ci, que l'on peut apercevoir sur la partie inférieure de l'ovoïde. Les quatre

mamelons qu'on y observe peuvent être comparés aux rebords libres d'une bourse qui serait presque fermée.

Fig. 2. Embryon de douze jours. Ici l'allantoïde a envahi toutes les parties de l'œuf, s'est portée sur l'amnios, le vitellus et l'albumen, et s'est affrontée très-exactement vers le petit bout de l'ovoïde, de manière à contenir toutes les parties molles de l'œuf, à l'exception toutefois des membranes de la chambre à air, restées en dehors du double feuillet allantoïdien.

Fig. 3. Disposition générale de la circulation du sang chez un embryon de quinze jours; les vaisseaux et les autres organes du poulet sont de grandeur naturelle et copiés, d'après nature, avec la plus grande exactitude.

Le cœur et les vaisseaux qui en partent sont indiqués par la couleur violette, pour montrer qu'ils contiennent du sang mélangé. L'aorte ventrale, après avoir fourni le tronc cœliaque se bifurque et va, d'une part, au vitellus, de l'autre à l'allantoïde; le volume respectif de ces vaisseaux indique de quelle manière se fait la répartition du sang dans les organes. Les troncs et les branches vasculaires colorées en vert constituent le système de la veine porte. Le gros vaisseau, qui est d'un rouge vif et qui se ramifie à l'infini sur l'allantoïde (*a*), transmet *directement* au cœur le sang artériélisé; à ce point de vue physiologique il est l'analogue de la veine ombilicale des mammifères. Les veines vitellines ensuite, en transportant les matériaux de nutrition dans le tronc de la veine porte, complètent, chez le poulet, la fonction complexe de la veine ombilicale des mammifères. La différence des deux circulations fœtales tient à ce qu'il y a chez le poulet une anastomose très-large établie entre la veine cave inférieure et la veine porte, et à ce que la veine allantoïdienne ne donne ni branches au foie ni d'anastomose au système de la veine porte. *b* est le vitellus; — *c*, l'albumen; — *d*, l'ouverture du cloaque; — *e*, la poche de Fabricius; — *f*, les testicules; — *g*, l'estomac; — *h*, le pédoncule vitellin qui fait communiquer la cavité intestinale avec la poche vasculaire du villus; — *i*, la rate.

Fig. 3, a' a, artères pulmonaires rudimentaires; — b, le cœur; — c, le canal artériel gauche; — d, le canal artériel droit; ces deux vaisseaux sont les analogues des deux crosses aortiques des reptiles; — e, la crosse permanente de l'aorte; — f, l'aorte descendante.

PLANCHE VII.

POULET AU MOMENT DE LA NAISSANCE.

Fig. 1. Cicatricule ombilicale au vingt et unième jour; elle est presque oblitérée. Les vaisseaux allantoïdiens, à l'état d'atrophie, la traversent encore.

Fig. 2. Même poulet, examiné le jour de l'éclosion. Les parois abdominales ont été incisées pour montrer la masse vitelline et les vaisseaux vitellins qui s'étaient logés dans la cavité de l'abdomen en passant par l'ouverture ombilicale. Cette espèce de réduction herniaire se fait ordinairement du dix-huitième au vingtième jour de l'incubation, et constitue l'un des phénomènes les plus remarquables de l'embryologie chez les oiseaux.

PLANCHE VIII.

POULE COMMUNE.

Coupe théorique d'un œuf grossi.

N° 1. Membrane épidermoïde de la coque.

N° 2. Coque.

N° 3. Membrane externe de la chambre à air : elle tapisse la face interne de la coque.

N° 4. Membrane interne de la chambre à air : elle est en partie adossée à la précédente.

N° 4′. Chambre à air.

N° 5. Membrane de l'albumen condensé : entre elle et la membrane de la chambre à air se trouve l'albumen liquide.

N° 6. Membrane des chalazes.

N° 6′. Chalazes; leur enroulement se fait toujours, pour chacune

d'elles, dans un sens opposé, absolument comme cela arrive quand on veut tordre du linge qui est mouillé.

N° 7. Membrane vitelline.

N° 8. Vésicule germinative.

PLANCHE IX.

POULE COMMUNE.

Coupe théorique d'un œuf grossi.

N° 6. Une des chalazes, l'autre se trouvant du côté opposé

N° 8. Cicatricule blastodermique sur laquelle l'aire vasculaire se dessine.

N° 9. Couche granuleuse interne de la membrane vitelline, que quelques auteurs regardent à tort comme faisant partie du blastoderme.

PLANCHE X.

POULE COMMUNE.

Coupe théorique d'un œuf grossi.

N° 8. Germe plus développé faisant déjà saillie sur le vitellus.

N° 10. Veine primigéniale contenue dans deux lames du feuillet vasculaire du blastoderme, s'étendant de plus en plus sous la membrane vitelline, à la place de la couche granuleuse qui la tapisse.

La membrane chalazique est soulevée en même temps que la membrane vitelline, dont elle ne suit pas très-exactement les contours.

PLANCHE XI.

POULE COMMUNE.

Coupe théorique d'un œuf grossi.

N° 8. Embryon commençant à se dessiner.

N° 11. Repli de la membrane vitelline tendant à former les capu-

chons céphalique et caudal. A cette époque du développement on remarque que la région céphalique surtout, qui s'est le plus élevée au-dessus de la sphère vitelline, déprime le vitellus et s'engage sous un repli de sa membrane. C'est ce repli 11 qui commence à se dessiner aux deux extrémités de l'are embryonnaire. En même temps que ces capuchons céphalique et caudal doublés du feuillet séreux du blastoderme s'établissent, l'aire vasculaire s'étend de plus en plus à la place de la couche granuleuse du vitellus.

PLANCHE XII.

POULE COMMUNE.

Coupe théorique d'un œuf grossi.

N° 8. Embryon plus développé déprimant de plus en plus le vitellus pour s'y loger.

N° 12. Replis des capuchons céphalique et caudal sur le point de se joindre et constituant l'ombilic de l'amnios.

N° 13. Origine de l'allantoïde correspondant au cloaque ou extrémité rectale.

Ici les replis dont il a été question, planche XI, se sont portés sur l'embryon en allant à la rencontre l'un de l'autre. Le petit espace qui les sépare encore, et qui a été appelé *ombilic de l'amnios*, disparaît très-promptement quand l'évolution embryonnaire marche régulièrement.

L'allantoïde apparaît au moment où l'aire vasculaire se métamorphose. Elle remplace l'organe respiratoire vitellin, dont la fonction s'amoindrit par la disparition des veines primigéniales céphalique et caudale.

PLANCHE XIII.

POULE COMMUNE.

Coupe théorique d'un œuf grossi.

N° 8. Embryon plus développé que sur la planche précédente. La veine primigéniale n'existe plus ; les artères et les veines

vitellines sont arrivées à leur maximum de développement et constituent le cercle vitellin n° 15.

N° 13. Allantoïde plus développée poussant devant elle la membrane vitelline et la membrane des chalazes; non pas, comme quelques auteurs l'ont dit et figuré, entre les deux lames des capuchons caudal et céphalique, mais bien dans un autre repli vitellin qui embrasse les précédents. Dans le premier cas, en effet, on ne trouverait qu'un feuillet simple pour la paroi libre de l'amnios, quand en réalité elle en a deux.

N° 14. Cavité de l'amnios qui s'agrandit de plus en plus par l'accumulation successive d'un liquide transparent ou amniotique.

PLANCHE XIV.

POULE COMMUNE.

Coupe théorique d'un œuf grossi.

N° 8. Embryon de onze jours, relevé sur le côté pour montrer le cordon ombilical composé des vaisseaux vitellins et du pédicule de l'allantoïde.

N° 12. Point de suture des parois de l'amnios à double feuillet vitellin.

N° 13. Allantoïde très-développée ayant repoussé devant elle la membrane vitelline, la membrane des chalazes, et la membrane de l'albumen externe, pour gagner la face interne de la coque et se mettre ainsi en contact immédiat avec les porosités de celle-ci.

N° 14. Cavité de l'amnios agrandie par l'accumulation du liquide amniotique.

En bas de l'ovoïde on voit le point où la jonction de l'allantoïde doit s'opérer afin de renfermer dans son double feuillet vasculaire l'albumen condensé qui était resté refoulé vers le petit bout de l'œuf. Toutes les parties qui entrent dans la composition de l'œuf, à l'exception des membranes de la chambre à air et de la coque, se trouvent ainsi renfermées, le treizième jour de l'incubation, dans un sac sans ouverture. Le même mode de fermeture de l'allantoïde s'observe aussi, comme nous l'avons vu, pour l'amnios, et c'est encore ainsi que la caduque se comporte pour entourer et clore de toute part le produit de la conception.

PLANCHE XV.

Fig. 1. Appareil à courant constant.
L'air marche de gauche à droite.

A. Partie de l'appareil où l'air perd l'humidité et l'acide carbonique qu'il contient.

B. Étuve à triple enceinte chauffée par des veilleuses, où se trouve une cloche contenant des œufs suspendus dans un panier de laiton et un thermomètre contenu dans un flacon qui le maintient en place.

C. Tubes collecteurs destinés à recueillir l'eau et l'acide carbonique provenant de l'incubation.

D. Vase aspirateur jaugé et muni d'un thermomètre. C'est en laissant écouler l'eau contenue dans ce vase que l'on détermine un courant d'air qui traverse tout l'appareil.

Fig. 2. Étuve en tôle de fer contenant des œufs, un thermomètre et un vase plat à sel marin.

Fig. 3. Étuve précédente contenant une éprouvette horizontale au lieu d'une cloche verticale.

Fig. 4. Étuve précédente contenant une éprouvette mise en communication avec un manomètre pour reconnaître la diminution du volume de l'air mis en contact avec des œufs soumis à l'incubation.

PLANCHE XVI.

Fig. 1. Appareil à courant constant employé pour démontrer la production de l'acide carbonique pendant l'incubation, en faisant passer l'air sur des œufs soumis à l'incubation, puis dans un condenseur de Liebig contenant de l'eau de baryte, où il se forme un carbonate de cette base.

A. Partie de l'appareil où l'air perd l'acide carbonique qu'il contient normalement.

B. Large tube contenant des œufs d'*Helix hortensis* déposés sur du sable siliceux humide.

C. Condenseur de Liebig.

D. Vase aspirateur fonctionnant comme celui de la planche XV.

Fig. 2. Disposition du vase contenant les œufs de la couleuvre à collier, qui furent soumis à l'incubation dans l'appareil indiqué planches XV et XVII.

Fig. 3. Vase ou instrument employé pour déterminer le volume de l'air contenu dans un appareil complet et si compliqué qu'il soit.

Fig. 4. Appareil employé pour étudier l'influence de l'air atmosphérique sur les œufs des batraciens et sur les jeunes têtards de grenouilles.

PLANCHE XVII.

Appareil à courant alternatif.

L'air peut passer du gazomètre C dans le gazomètre C′ en traversant tout l'appareil, et retourner dans le gazomètre C par une direction inverse.

A. Étuve fermée.

BB. Éprouvettes contenant un corps hygroscopique pour dessécher l'air.

CC′. Gazomètres.

DD. Supports ou montants portant deux poulies dont la hauteur peut être réglée à volonté. Dans les gorges de ces poulies passe une corde de soie qui porte un gazomètre à chacune de ses extrémités : en faisant descendre un gazomètre, l'autre monte, de telle manière que l'air qui s'échappe du premier passe dans le second.

PLANCHE XVIII.

Appareil à courant alternatif complet.

Cet appareil ne diffère du précédent que par une suite de tubes collecteurs destinés à recueillir l'eau et l'acide carbonique provenant des œufs soumis à l'incubation dans l'intérieur de l'étuve.

(Voir les détails de l'expérience.)

RECHERCHES EXPÉRIMENTALES[1]

SUR

LES FONCTIONS DU NERF SPINAL,

OU ACCESSOIRE DE WILLIS,

PAR M. CLAUDE BERNARD.

La distribution anatomique d'un nerf étant connue, la méthode physiologique expérimentale qu'on emploie pour déterminer ses usages consiste à le couper. Le nerf ainsi séparé du cerveau ou de la moelle n'exerce plus son influence dans les parties du corps où ses branches se ramifient. Les phénomènes auxquels il donnait lieu ne se produisent plus; en constatant leur absence on établit par voie négative le rôle qui appartient au cordon nerveux.

Si les fonctions du spinal sont restées longtemps indéterminées, cela tient uniquement à ce que ce nerf était plus difficilement accessible que beaucoup d'autres au mode d'expérimentation que je viens de rappeler. L'idée de détruire ses origines nombreuses et d'aller les atteindre au milieu du trajet bizarre qu'elles parcourent dans le canal rachidien, paraît, au premier abord, d'une réalisation presque impossible. Cependant cette expérience a été tentée et exécutée dans ces derniers temps. Mais, les mutilations

[1] Ce mémoire, imprimé en 1844 dans les Archives de médecine, a remporté le prix de physiologie expérimentale à l'Académie des sciences pour l'année 1845. L'impression dans le recueil des Savants étrangers n'ayant eu lieu que cinq ans après, j'ai pu répéter mes premières expériences, en instituer de nouvelles et compléter mes recherches par des additions qui ne changent rien au fond du mémoire.

considérables qui accompagnaient l'opération, entraînant toujours rapidement la mort des animaux, les expérimentateurs n'ont pu établir leurs opinions que sur des phénomènes de courte durée, et conséquemment incomplets.

Les résultats obtenus au milieu de ces circonstances défavorables ne m'ont pas paru, ainsi qu'à beaucoup de physiologistes, suffisamment concluants, et on ne pouvait en attribuer la faute qu'au procédé expérimental, qui était défectueux, car le sujet avait été étudié avec autant de conscience que de savoir.

J'ai entrepris ce travail dans la pensée que si on trouvait le moyen de conserver la vie aux animaux, et cependant de détruire chez eux complétement toutes les origines du spinal, le problème serait résolu.

Après des épreuves longues et multipliées, j'ai enfin réussi à faire ce que n'avaient pas fait mes devanciers, à observer et à étudier pendant un temps considérable les troubles apportés aux fonctions des animaux auxquels j'avais enlevé complétement les nerfs spinaux ou accessoires de Willis. J'ai pu en conséquence présenter dans ce mémoire des faits nouveaux, qu'on trouvera, je l'espère, déduits d'une expérimentation aussi rigoureuse que possible.

Ce travail sera divisé en trois parties.

Dans la première, je passerai succinctement en revue les principales opinions émises jusqu'à ce jour sur les fonctions du nerf spinal. Je m'arrêterai principalement au travail de Bischoff, et je discuterai avec soin cette doctrine actuellement régnante, d'après laquelle on voudrait confondre le pneumo-gastrique et le spinal comme les deux racines d'une paire nerveuse rachidienne. L'importance de cette théorie et la célébrité qu'elle a acquise justifieront sans doute l'étendue des développements que je donne à son examen.

Dans les deuxième et troisième parties seront exposées les recherches anatomiques et physiologiques à l'aide desquelles j'ai déterminé les fonctions du spinal. Sous le rapport anatomique je crois avoir été conduit à des vues nouvelles, qui éclaireront

et simplifieront les descriptions très-diverses et souvent confuses qu'on a données sur les origines et la distribution du nerf spinal. Sous le rapport physiologique, si j'insiste sur les procédés d'expériences qui me sont propres, c'est qu'ici plus que jamais les résultats dépendaient des moyens d'analyse et d'expérimentation.

PREMIÈRE PARTIE.

§ 1er. EXPOSÉ SUCCINCT DES PRINCIPALES OPINIONS ÉMISES SUR LES FONCTIONS DU NERF SPINAL.

1° Willis (1664). Galien[1] n'avait sur le spinal que des connaissances fort incomplètes, et il considérait ce nerf comme un rameau du pneumo-gastrique (6e paire de Galien). Willis le premier décrivit comme un nerf particulier le spinal, auquel il reconnut une origine et une distribution distinctes de celles du pneumo-gastrique [2]. Il assigna également un rôle physiologique différent à ces deux nerfs.

Willis signala parfaitement les origines du spinal à la moelle épinière cervicale; il décrivit son trajet ascendant dans le canal vertébral et sa sortie du crâne avec le pneumo-gastrique par le trou déchiré postérieur. Il insista sur les connexions que le nerf spinal offre dans le trou déchiré postérieur avec le pneumo-gastrique, et il regardait déjà cette anastomose comme un lien physiologique entre les deux nerfs. « C'est dans ce point, dit-il, que le vague (ou pneumo-gastrique) peut, à la faveur d'une étroite union, communiquer ses fibres, et, par suite, ses propriétés à l'accessoire (ou spinal). »

Or, voici comment Willis interprétait physiologiquement cette

[1] *De dissectione nervorum*, cap. x. Voyez la thèse de M. Daremberg, *Exposition des connaissances de Galien sur l'anatomie, la physiologie et la pathologie du système nerveux*. 1841, in-4°.

[2] Willis. cap. XXIII, p. 182 : *Cerebri anatome nervorumque, etc.* Édit. de 1664.

union nerveuse. Suivant lui, le spinal était un nerf *moteur volontaire*, qui remontait dans le crâne et s'adjoignait au vague, non pour lui fournir, mais au contraire pour lui emprunter des fibres et par suite une influence *motrice involontaire*. D'où il résultait, d'après Willis, qu'indépendamment de sa vertu motrice volontaire qu'il tirait de la moelle épinière cervicale, le spinal possédait de plus, par cet emprunt de filets, au vague une faculté motrice involontaire acquise, qui lui permettait d'agir sympathiquement avec le pneumo-gastrique dans certains mouvements des passions se passant dans le cou et dans le membre supérieur [1]. Puis l'auteur supposait que c'était afin de contracter cette anastomose importante dans le trou déchiré postérieur que le spinal né de la moelle épinière cervicale avec les nerfs volontaires était obligé de remonter dans le crâne et de parcourir un trajet si bizarre. Enfin, Willis ajoutait qu'au moyen de cette anastomose nerveuse le spinal devenait l'auxiliaire ou, suivant son expression, *l'accessoire* du pneumo-gastrique.

Cet exposé de la théorie de Willis sur les fonctions du spinal prouve clairement que cet auteur admettait que le pneumo-gastrique *fournit une anastomose au nerf spinal*, tandis que Scarpa et tous les modernes admettent au contraire que c'est le pneumo-gastrique qui *reçoit une anastomose du spinal*. Dans la deuxième partie de ce travail je prouverai que la description de Willis n'en est pas moins très-exacte, et que si elle diffère de celle de Scarpa cela tient uniquement à ce que ces deux auteurs ont délimité différemment les origines du nerf spinal.

2° Scarpa (1788). Scarpa[2], comme Willis, chercha à expliquer les fonctions du spinal par l'union anatomique que ce nerf offre avec le pneumo-gastrique. Seulement il donna une description de cette anastomose tout opposée à celle de Willis. Scarpa, en effet, a décrit, sous le nom de *branche interne du spinal*, un rameau

[1] Willis. *Cerebri anatome nervorumque, etc.* cap. XXVIII, p. 236. Édit. de 1664.

[2] Scarpa, *De nervo spinali ad octavum cerebri accessorio commentarius*, Acta Academiæ Cæs. reg. Josephinæ medico-chirurgicæ Vindobonensis. 1788.

considérable que ce nerf envoie dans le tronc du vague au niveau du trou déchiré postérieur[1], et il considérait déjà cette anastomose comme une sorte de *racine motrice* fournie par la moelle cervicale au nerf pneumo-gastrique. Cette interprétation, qui fut admise par Sœmmering, Arnold, etc. se retrouvera plus tard soutenue par Bischoff avec des développements nouveaux.

Comme doctrine physiologique, Scarpa pensait que le nerf spinal (ou accessoire de Willis) ne s'insère si longuement dans le canal vertébral qu'afin de porter au pneumo-gastrique l'influence nerveuse de toute cette étendue de la moelle. « Le nerf accessoire, dit-il, qui a la même origine que les nerfs du bras, remonte dans le crâne pour envoyer un rameau dans le vague ou pneumo-gastrique, et lier ainsi sympathiquement les mouvements qu'il régit à ceux du membre supérieur et du cou. » Bien que cette opinion semble se rapprocher de celle de Willis, en ce que le nerf spinal servirait à établir une relation sympathique entre les mouvements de la respiration et ceux du bras et du cou, elle en diffère cependant essentiellement quant au fond. Pour Willis, c'était le pneumo-gastrique qui communiquait son influence au spinal, tandis que, pour Scarpa, c'était au contraire le spinal qui apportait au vague l'influence de la moelle épinière. Ces deux théories, au lieu de se confondre, sont donc en pleine opposition. Il ne pouvait en être autrement, puisque les deux auteurs ont basé leurs explications sur le même fait anatomique (l'anastomose du spinal et du vague) interprété d'une manière tout opposée.

3° Ch. Bell (1821). Tel était l'état de la question sur les fonctions du spinal lorsque la découverte de MM. Ch. Bell et Magendie sur les usages des nerfs rachidiens vint donner un nouvel élan à la physiologie du système nerveux. MM. Ch. Bell et Magendie, comme on sait, furent les premiers qui démontrèrent expérimentalement la localisation des *nerfs de sentiment* dans les racines postérieures et celle *des nerfs de mouvement* dans les racines anté-

[1] *Scarpa, De nervo spinali, etc.* p. 348.

rieures de la moelle épinière. Mais le physiologiste anglais subdivisa de plus les nerfs moteurs en deux ordres : les uns, moteurs volontaires, nés exclusivement du faisceau antérieur de la moelle, et les autres présidant aux mouvements involontaires ou *respiratoires* et prenant leur origine sur le faisceau médullaire latéral. Dans cette dernière classe, il range le *facial*, le *glosso-pharyngien*, le *pneumo-gastrique*, le *spinal* ou l'*accessoire* et l'*hypoglosse*. Toutes les recherches de Ch. Bell sur le spinal furent faites dans le but de confirmer sa théorie des nerfs respiratoires.

Pour cet auteur, le spinal doit être un nerf respiratoire, parce qu'il naît du faisceau latéral de la moelle épinière, et c'est à ce titre, dit Ch. Bell, qu'il va porter aux muscles sterno-mastoïdien et trapèze une influence motrice involontaire en rapport avec les mouvements normaux du thorax; et comme les muscles auxquels se distribue le spinal reçoivent encore des filets des racines antérieures par le plexus cervical, il s'en suit qu'ils possèdent à la fois une double faculté motrice, l'une volontaire, l'autre involontaire. Cette double source motrice expliquerait, d'après Ch. Bell, comment dans certains cas d'hémiplégie, lorsque les mouvements volontaires sont abolis, les muscles sterno-mastoïdien et trapèze peuvent encore servir à la respiration en soulevant le thorax dans les grandes inspirations.

Les opinions de Willis et de Scarpa sur les fonctions du spinal furent, ainsi que nous l'avons vu, de simples inductions anatomiques, tandis que Ch. Bell, et ensuite Shaw, qui adopta sa manière de voir sur le spinal, furent les deux premiers auteurs qui essayèrent de vérifier leur théorie par la voie expérimentale.

L'expérience suivante, qui est la principale, appartient à Ch. Bell. Sur un âne, chez lequel les muscles de la respiration étaient en action, ce physiologiste coupa tous les filets du spinal qui se rendent dans le sterno-mastoïdien. « Aussitôt, dit-il, tous les mouvements involontaires ou respiratoires cessèrent dans ce muscle, tandis que l'animal pouvait encore s'en servir comme muscle volontaire [1]. »

[1] Ch. Bell, *Exposition du système naturel des nerfs*; traduction de Genest, 1825.

J'ai répété cette expérience sur des chiens, des chats et des lapins sans obtenir des résultats de la même nature que ceux qu'indique Ch. Bell. Quelques autres physiologistes n'ont pas non plus réussi. Bischoff rapporte également deux expériences dans lesquelles il coupa sur des chiens les spinaux sur les côtés de la moelle allongée; six semaines après, la plaie du cou étant guérie, il constata que les mouvements des sterno-mastoïdiens étaient très-visibles quand on provoquait de grandes inspirations en comprimant les narines de l'animal [1].

En définitive, il demeure incontestable qu'en réséquant les nerfs spinaux on paralyse certains mouvements dans les muscles sterno-mastoïdien et trapèze. Mais, contre l'opinion de Ch. Bell, il semblerait plutôt qu'on abolit les mouvements *non respiratoires*, puisque nous avons vu ces mouvements persister sous la seule influence du plexus cervical. Du reste, Ch. Bell n'établit pas assez nettement dans son expérience sa distinction entre les mouvements volontaires et respiratoires. Plus tard, nous aurons encore à revenir sur ces expériences de Ch. Bell, qui se rapportent uniquement, comme on le voit, à la *branche externe* du spinal, et nullement au rôle fonctionnel de sa *branche interne* ou portion anastomotique, avec la pneumo-gastrique, qui avait au contraire spécialement fixé l'attention de Willis et de Scarpa.

4° Bischoff (1832). Depuis la découverte de MM. Ch. Bell et Magendie, les études physiologiques poursuivies de tout côté avec persévérance avaient suscité des recherches anatomiques plus minutieuses, qui avaient assis la doctrine de la séparation des nerfs moteurs et sensitifs sur des preuves nouvelles. Comme tout système en faveur, celui-ci tendait de jour en jour à se généraliser. Déjà des travaux importants de Sœmmering[2], de Ch. Bell[3], d'Eschricht[4], etc. sur la cinquième paire et sur le facial faisaient

[1] Bischoff, *Nervi accessorii Willisii anatomia et physiologia, commentatio.* Darmstadt, 1832, p. 91.

[2] *De corporis humani fabrica,* tome IV, pag. 214, 1798.

[3] *Exposition du système naturel des nerfs,* traduit par Genest, p. 47, 1825.

[4] *De functionibus septimi et quinti paris nervorum in facie propriis.* Copenhague, 1825.

penser que l'on pourrait aussi, de même que pour les paires rachidiennes, distinguer dans les nerfs crâniens l'élément moteur de l'élément sensitif et par là les ramener à la même systématisation.

La jonction anatomique du pneumo-gastrique et du spinal semblait se prêter à cette manière de voir. Déjà, Gœres[1] en 1805, c'est-à-dire avant la découverte des propriétés des nerfs rachidiens, avait dit qu'on pouvait comparer les origines du vague et de l'accessoire aux deux racines d'une paire rachidienne. Cette vue, déjà indiquée par Scarpa et plus tard partagée par Arnold et quelques anatomistes, fut reprise par Bischoff, qui eut le mérite de l'introduire dans la science. Cet auteur, dans un travail remarquable[2], s'appuyant d'une part sur l'anatomie humaine et comparée, et d'autre part sur l'expérimentation physiologique directe, vérifia pleinement le théorème de Gœres et avança cette proposition absolue, que le pneumo-gastrique (nerf sensitif) et le spinal (nerf moteur) ont des origines distinctes et se trouvent entre eux dans le même rapport anatomique et physiologique que les deux racines d'une paire rachidienne : *Nervus accessorius Willisii est nervus motorius atque eandem habet rationem ad nervum vagum qui sensibilitati solummodo præest, quam antica radix nervi spinalis ad posticam*[3].

Une semblable démonstration dans laquelle les prévisions de la théorie se trouvaient si pleinement confirmées par l'expérience produisit une vive sensation. Le nom de l'auteur et des illustres témoins devant qui il fit son expérience contribuèrent à porter rapidement la conviction dans les esprits et firent accepter cette doctrine avec toute la confiance qu'elle paraissait mériter.

Cependant la difficulté de reproduire l'expérience telle que l'indique Bischoff, quelques objections anatomiques faites à cette manière de voir, qui ne semblaient pas suffisamment résolues dans le travail du physiologiste allemand, laissèrent encore des

[1] *Exposit. der Physiol.* Coblentz, 1805, p. 328.

[2] *Nervi accessorii Willisii anatomia et physiologia, commentatio.* Darmstadt, 1818.

[3] Bischoff, thèse citée, pag. 3.

doutes dans l'esprit d'un certain nombre de physiologistes, qui ne furent pas entièrement convaincus. Muller[1], MM. Magendie, P. Bérard, etc. étaient de ce nombre, et attendaient, avant de se prononcer sur cette question, qu'on eût rassemblé de nouveaux faits. M. Magendie, ayant répété plusieurs fois l'expérience de Bischoff, n'obtint pas des résultats semblables, et il signala le premier certains désordres qui surviennent dans la démarche de l'animal, et particulièrement dans les mouvements des membres antérieurs, à la suite de la section des nerfs spinaux dans le crâne [2].

Du reste, en lisant le travail de Bischoff, il est facile de voir que cet auteur est sous l'influence de la tendance scientifique régnante, et qu'il se préoccupe, avant tout, de confirmer une analogie théorique entre une paire rachidienne et les nerfs pneumogastrique et spinal. Aussi, le problème, tel que Bischoff se l'est posé, n'a pas été d'étudier d'une manière générale les fonctions du spinal; mais, dominé par le point de vue systématique, il arrive de suite à se demander :

1° Le spinal est-il *anatomiquement* une racine antérieure associée au nerf pneumo-gastrique?

2° Le spinal est-il *physiologiquement* une racine antérieure motrice, tandis que le vague serait la racine postérieure sensitive correspondante?

Toute la thèse de Bischoff a pour but la démonstration affirmative de ces deux propositions. Nous devons les reprendre et les examiner chacune à part dans l'appréciation critique que nous allons faire de la doctrine qu'elles représentent.

[1] J. Muller, *Manuel de physiologie*, traduit par Jourdan, 1845, t. I^er^, p. 568.

[2] Magendie, *Leçons sur le système nerveux*. 1839.

§ 2. RÉFUTATION DE LA DOCTRINE QUI CONFOND ANATOMIQUEMENT ET PHYSIOLOGIQUEMENT LES NERFS PNEUMO-GASTRIQUE ET SPINAL COMME LES RACINES ANTÉRIEURE ET POSTÉRIEURE D'UNE PAIRE RACHIDIENNE.

Première proposition. — *Le nerf spinal peut-il être comparé sous le rapport anatomique à la racine antérieure d'une paire rachidienne dont le pneumo-gastrique représenterait la racine postérieure ?*

Les principaux arguments apportés par Bischoff et par les autres auteurs qui ont soutenu cette comparaison anatomique se résument en disant :

1° Que le nerf spinal, comme une racine rachidienne antérieure, naît du faisceau antéro-latéral de la moelle ;

2° Que ce nerf, comme une racine rachidienne antérieure, est toujours dépourvu de ganglion sur son trajet ;

3° Que le spinal, en s'anastomosant dans le trou déchiré postérieur, par sa branche interne avec le pneumo-gastrique au-dessous de son ganglion jugulaire, se comporte à l'égard de ce nerf de la même manière que le fait une racine rachidienne antérieure, quand elle s'unit à sa racine postérieure correspondante dans le trou de conjugaison, après son ganglion intervertébral ;

4° Enfin, on ajoute que la distribution de la branche externe du spinal dans les muscles sterno-mastoïdien et trapèze établit pleinement sa nature motrice.

Tout le monde admet, en effet, et cela est incontestable, que le spinal possède les caractères anatomiques d'un nerf moteur. Ce qui n'empêche pas, ainsi qu'il sera facile de le démontrer, que les rapprochements précédents, qui tendraient à faire considérer ce nerf comme la racine antérieure du pneumo-gastrique, ne soient complétement inexacts et forcés.

D'abord, le mode d'origine du spinal n'est pas le même que celui d'une racine antérieure. Ce nerf prend naissance dans une

étendue très-considérable de la moelle épinière, tandis que chaque racine rachidienne naît d'un point très-limité. Ensuite, au lieu de s'insérer comme les racines antérieures, dans le sillon de séparation du faisceau antérieur et du faisceau latéral, les filets originaires du spinal émergent d'une partie de la moelle beaucoup plus reculée et très-près du faisceau postérieur [1].

Sous le rapport de ses variations de volume chez les animaux, le spinal ne se montre pas, comme une racine rachidienne antérieure, d'autant plus volumineux que les organes musculaires auxquels ils se distribue prennent un plus grand développement.

Ainsi le spinal n'augmente pas chez les animaux dont les organes pharyngo-gastriques acquièrent un volume considérable. Chez le bœuf, où il y a quatre estomacs très-musculeux et des mouvements spéciaux de rumination, le spinal n'est pas plus gros que chez le cheval, où il y a un estomac simple, très-petit, dans lequel les aliments séjournent pendant très-peu de temps.

Mais le rapprochement le plus erroné qu'on a voulu établir entre le spinal et une racine antérieure, c'est d'avoir comparé son anastomose avec le pneumo-gastrique dans le trou déchiré postérieur à l'union qui s'établit entre les racines rachidiennes antérieure et postérieure dans le trou de conjugaison.

En effet, les deux racines rachidiennes, un peu au delà du ganglion intervertébral qui appartient à la racine postérieure, se joignent et se réunissent de telle manière qu'il y a une décussation intime entre leurs filets. Cette intrication est entière et se montre comme une fusion complète des deux racines en un nerf mixte; de telle sorte qu'il devient impossible de distinguer si un rameau né au delà de cette union provient de la racine antérieure plutôt que de la racine postérieure.

Pour le spinal, au contraire, c'est une simple jonction partielle de sa branche interne avec le tronc du pneumo-gastrique. Bischoff, partageant l'erreur de Scarpa, de Gœres, etc. pensait que cette

[1] Voir la description anatomique du spinal dans la 2e partie de ce mémoire

branche anastomotique interne résultait indistinctement de filets émanés de toute l'étendue des origines du nerf spinal[1]. Mais les dissections de Bendz[2], de Spence, ainsi que les miennes, prouvent clairement que le rameau anastomotique, qui se jette dans le tronc du pneumo-gastrique, provient uniquement des trois ou quatre filaments originaires les plus élevés du spinal, qui naissent de la moelle allongée, tandis que toutes les origines situées au-dessous et s'insérant sur la moelle cervicale composent la branche externe du spinal, qui reste complétement étrangère à l'anastomose du spinal et du pneumo-gastrique.

Il n'y a donc d'après cela que les filets originaires du spinal provenant de la moelle allongée qui s'anastomosent avec le vague, et ce seraient les seuls qu'on pourrait réellement chercher à considérer comme représentant la racine antérieure du pneumo-gastrique.

Mais la comparaison, même ainsi restreinte, est encore fautive. En effet, si nous supposons que la branche interne du spinal seule joue le rôle d'une racine antérieure à l'égard du pneumo-gastrique, elle devrait se confondre avec lui comme le fait une racine antérieure avec sa racine postérieure correspondante. Or au lieu d'une fusion complète il existe un simple accolement, et on constate clairement par la dissection la plus facile que, parmi les filets de cette anastomose interne du spinal, il en est qui se continuent directement avec la branche pharyngienne du vague,

[1] Bischoff, *Nervi accessorii Willisii anatomia, etc.* En 1842, M. Longet, *Anatomie et physiologie du système nerveux*, t. II, p. 266, reproduisant entièrement les idées de Bischoff, disait aussi que les filets de toutes les origines médullaires du spinal venaient concourir à la formation de l'anastomose du spinal avec le pneumo-gastrique. Il avait même cru voir dans cette disposition une prévision toute spéciale de la nature, qui voulait assurer par cette multiplicité d'origines les fonctions importantes de l'anastomose du spinal avec le vague, etc. Dans mon premier mémoire (*Archives générales de médecine*, 1844), j'avais rapporté textuellement cette hypothèse toute gratuite, dans le but de mieux fixer l'opinion de l'auteur, dont elle n'était que la conséquence. Mais depuis, dans un autre ouvrage (*Traité de physiologie*, t. II, p. 309, 1850), M. Longet a renié sa première opinion, qui lui était commune avec Bischoff. C'est pour cette raison que j'ai cru convenable de supprimer, dans cette nouvelle publication, le passage que j'avais rapporté alors textuellement.

[2] Bendz, *Tractatus de connexu inter nerv. vagum et access. Willisii.* Hanniæ, 1836.

tandis que, à l'égard des rameaux qui naissent après l'union des racines rachidiennes, ainsi que je l'ai déjà dit, le scalpel le plus habile ne pourrait les débrouiller, tant la fusion des deux nerfs a été intime. Spence[1], qui a soutenu cette opinion que la branche interne du spinal représentait seule la racine antérieure du vague, n'a pas admis la fusion des deux nerfs, car il compare très-ingénieusement cette anastomose à la petite racine motrice de la cinquième paire.

Une objection grave doit encore être faite à la manière dont on a considéré l'anastomose du spinal dans ses rapports avec le ganglion du pneumo-gastrique. On sait en effet que chaque racine rachidienne antérieure s'unit à la racine postérieure un peu au delà du ganglion intervertébral de cette dernière. La plupart des auteurs, regardant le ganglion jugulaire du pneumogastrique qu'on voit exister sur son trajet au moment où il pénètre dans le trou déchiré postérieur, comme l'analogue du ganglion intervertébral d'une racine postérieure, ont cru trouver là un argument en faveur de leur doctrine en disant que le spinal s'unit au pneumo-gastrique au-dessous de ce ganglion. Mais il fallait prouver d'abord que ce ganglion du pneumo-gastrique était l'analogue du ganglion intervertébral d'une racine rachidienne postérieure. Or, il est facile de démontrer que le seul ganglion qui pourrait être rapproché de celui des racines postérieures est celui qui existe sur le trajet du pneumo-gastrique, au-dessous de l'anastomose du spinal. Ce ganglion est très-visible et nettement délimité chez certains animaux, tels que le chat et le lapin (pl. I^re^, fig. 4 et 5, *n*, *n*), tandis que chez l'homme il est représenté par une sorte d'intumescence ganglionnaire diffuse du tronc du pneumo-gastrique à laquelle on donne le nom de *plexus ganglifórme* et qui avait été décrit déjà parfaitement par Scarpa[2]. De sorte que l'anastomose du spinal diffère encore de celle d'une

[1] Spence, *Recherches anatomiques sur les nerfs pneumo-gastrique et spinal*, traduit dans les Annales médico-psychologiques, t. II, p. 48.

[2] Scarpa, *De nervo spinali*, etc. p. 349, 350.

racine antérieure, en ce qu'elle se jette dans le pneumo-gastrique réellement au-dessus du ganglion, qui est l'analogue de celui d'une racine postérieure.

En résumé, à cause de toutes les différences précédemment signalées, je conclus « qu'au point de vue anatomique, les nerfs « pneumo-gastrique et spinal ne sont pas dans les mêmes rapports « que les deux racines d'une paire rachidienne, et que le rappro- « chement qu'on a voulu établir entre eux à cet égard est com- « plétement fautif. »

Deuxième proposition. *Le nerf spinal peut-il être comparé physiologiquement à la racine antérieure d'une paire rachidienne dont le pneumo-gastrique représenterait la racine postérieure?*

1° *Sous le rapport de sa sensibilité récurrente.*

Aujourd'hui il est parfaitement établi dans la science que les racines antérieures rachidiennes, qui sont spécialement motrices, manifestent cependant aux irritations physiques ou mécaniques une sensibilité qui est tout à fait particulière, en ce qu'elle semble venir de la périphérie, ce qui l'a fait nommer *sensibilité en retour* ou *sensibilité récurrente*[1].

Cette sensibilité est une propriété caractéristique essentielle des racines antérieures. En se plaçant dans de bonnes conditions expérimentales, ainsi que je l'ai établi[2], on la trouve constamment. Depuis trois ans j'ai répété ces expériences avec un succès invariable un très-grand nombre de fois. Je les ai produites constamment dans mes cours et je les ai fait constater à des savants de tous les pays[3]. Or, voici quels sont les caractères de cette sensibilité singulière qu'on remarque dans les racines antérieures :

1° Quand sur un animal, chien, chat, etc. on pince avec les précautions nécessaires une racine rachidienne antérieure dont la

[1] Magendie, *Leçons sur le système nerveux*, 1839.

[2] *Recherches sur les causes qui augmentent ou diminuent l'intensité de la sensibilité récurrente.* Comptes rendus de l'institut, 1846, t. XXV, p. 104.

[3] Parmi ces savants, je puis citer en France MM. Raver, Bérard, Flourens, Serres, etc. à l'étranger, MM. de Humboldt, Horner, Ledy, etc.

racine postérieure correspondante est restée intacte, on constate que le pincement de cette racine antérieure arrache des cris à l'animal, ce qui dénote sa sensibilité de la manière la plus évidente.

2° Si on divise avec des ciseaux fins cette racine antérieure, sans intéresser la racine postérieure correspondante, il résulte de cette section deux bouts de nerf qu'on peut facilement isoler pour constater leurs propriétés. On trouve alors que le bout central du nerf, c'est-à-dire celui qui tient directement à la moelle épinière, est devenu parfaitement insensible, tandis que le bout périphérique du nerf, c'est-à-dire celui qui est séparé de la moelle, a conservé toute sa sensibilité.

3° De sorte qu'une racine antérieure étant coupée, sa sensibilité se réfugie dans le bout périphérique, ce qui est l'inverse pour la racine postérieure. En effet, quand on coupe une racine postérieure, c'est son bout central qui reste sensible, tandis que son bout périphérique devient complétement insensible. Tout ceci indique clairement que dans la racine rachidienne postérieure et dans la racine rachidienne antérieure, la sensibilité se propage d'une manière inverse.

4° Mais cette sensibilité récurrente d'une racine antérieure rachidienne n'est pas habituellement diminuée ni modifiée par la section des racines postérieures des paires rachidiennes situées au-dessus ou au-dessous, tandis qu'elle disparaît aussitôt qu'on vient à couper la racine postérieure correspondante, ce qui démontre que la sensibilité dans la racine antérieure est seulement transmise par la racine postérieure correspondante. Il suit de cette opération qu'alors, parmi les quatre bouts résultant de la section des deux racines rachidiennes, il n'y en a plus qu'un dans lequel la sensibilité soit évidente: c'est le bout central de la racine postérieure.

Je ne m'étendrai pas plus longuement sur les caractères de cette sensibilité des racines rachidiennes antérieures qui se propage de la périphérie vers le centre et s'éteint du centre vers

la périphérie, contrairement à la sensibilité des racines postérieures.

Il me suffit, pour le but que je me propose, d'avoir établi en principe que dans l'état physiologique la racine antérieure rachidienne tire sa sensibilité récurrente de sa racine postérieure correspondante, de telle sorte que par ce seul fait, qu'un nerf de sentiment transmettra la sensibilité récurrente à un nerf de mouvement, on pourra conclure qu'il joue par rapport à lui le rôle d'une racine postérieure, puisque en effet c'est là le caractère physiologique essentiel d'association des racines des paires rachidiennes entre elles.

Il s'agit actuellement de juger avec ce nouveau caractère la question d'association du pneumo-gastrique et du spinal. Il s'agit en un mot de savoir si le spinal est la racine antérieure du pneumo-gastrique. Pour cela, on le comprend, il faut rechercher si la sensibilité récurrente du spinal provient du pneumo-gastrique, de même que la sensibilité récurrente d'une paire rachidienne antérieure provient de sa racine postérieure correspondante. Si le pneumo-gastrique fournit la sensibilité au spinal, on pourra dire qu'il remplit relativement à lui le rôle d'une racine postérieure. Dans le cas contraire, la question devra être jugée en sens inverse, puisque la propriété essentielle qui caractérise l'association des deux racines d'une paire rachidienne ne se rencontrera pas entre le spinal et le pneumo-gastrique.

Or, j'ai constaté que la sensibilité récurrente du spinal, que j'ai trouvée excessivement nette et évidente chez le chien, le lapin, le chevreau, ne subit aucune diminution par la section du pneumo-gastrique, ce qui prouve péremptoirement que ce n'est point ce nerf qui fournit la sensibilité récurrente au nerf spinal. Je montrerai ultérieurement dans la seconde partie de ce travail que cette sensibilité récurrente du spinal provient des racines postérieures des quatre premières cervicales, de sorte que, à ce point de vue, il faudrait considérer le spinal comme une racine rachidienne antérieure surajoutée aux racines antérieures des quatre premières

paires cervicales, puisqu'il tire sa sensibilité récurrente de la même source qu'elles.

Pour le moment, je veux seulement déduire de tout ce qui précède que le spinal ne reçoit pas sa sensibilité récurrente du pneumo-gastrique, comme cela arrive pour les racines rachidiennes antérieures, qui reçoivent cette propriété de leur racine postérieure correspondante. D'où je conclus « que sous le rapport « de sa sensibilité récurrente le spinal ne peut pas du tout être « considéré comme l'analogue de la racine antérieure d'une paire « rachidienne, dont le pneumo-gastrique représenterait la racine « postérieure[1]. »

2° *Sous le rapport de ses propriétés motrices à l'excitation galvanique, le spinal est-il comparable à une racine rachidienne antérieure?*

Muller le premier s'est servi convenablement de l'excitation galvanique pour distinguer les racines rachidiennes entre elles. L'expérience peut être faite sur un animal vivant ou immédiatement après la mort, et voici comment on s'y prend : après avoir coupé les racines du nerf et les avoir séparées du centre nerveux, on applique le galvanisme à leur bout périphérique et on constate, en agissant avec les précautions nécessaires, *que l'irritation galvanique portée sur le bout périphérique d'une racine antérieure coupée donne lieu sur-le-champ aux convulsions les plus violentes, tandis que lorsqu'on agit sur le bout périphérique d'une racine postérieure on n'en provoque jamais*[2]. Muller avait conseillé, pour juger la question de savoir si le pneumo-gastrique et le spinal étaient dans les mêmes rapports physiologiques qu'une racine antérieure et pos-

[1] Une remarque que je n'ai vu faire par aucun physiologiste et qui suffirait, ce me semble, à elle seule pour montrer clairement que le pneumo-gastrique ne peut pas être comparé physiologiquement à une racine postérieure rachidienne, c'est que ce nerf présente aux irritations mécaniques des phénomènes de sensibilité essentiellement différents de ceux qui caractérisent une racine postérieure rachidienne. En effet, tandis que les racines postérieures rachidiennes ou le nerf mixte qu'elles forment sont invariablement doués d'une sensibilité très-vive, le pneumo-gastrique, au contraire, examiné au milieu du cou, présente, au moins dans la moitié des cas, chez le chien, une sensibilité nulle ou très-obtuse; et chez le lapin, je ne l'ai jamais pu trouver doué d'une sensibilité évidente.

[2] Muller, *Manuel de physiologie*, traduit par Jourdan, t. I, p. 560.

térieure, d'employer l'excitation galvanique. Voici comment il indiqua l'expérience : « Il faudrait, pour résoudre cette question, employer la méthode dont j'ai fait usage pour les nerfs rachidiens, et qui consiste à faire agir des irritants tant mécaniques que galvaniques sur ces racines, afin de voir si ces irritations appliquées au nerf accessoire dans l'intérieur même du crâne, chez un animal récemment mis à mort, occasionnent des convulsions du pharynx, et si le nerf vague, traité de la même manière, n'en déterminerait pas[1]. » Ces expériences galvaniques indiquées par Muller ont été faites par MM. Van Kempen, Hein, Bischoff et Longet.

Les recherches de tous les auteurs précités sont d'accord pour démontrer que le spinal se comporte aux irritations galvaniques comme un nerf moteur; mais elles diffèrent quand il s'agit de déterminer si les mouvements qu'on provoque dans ce nerf se transmettent au pneumo-gastrique.

Hein assure que l'excitation du pneumo-gastrique détermine des convulsions dans le pharynx et dans le voile du palais[2]. Van Kempen avance de son côté que ces mouvements du vague ne viennent pas du spinal, car l'excitation de ce nerf ne détermine pas, suivant lui, de convulsions dans le larynx[3].

M. Longet est en opposition avec Hein et Van Kempen, et il soutient que le pneumo-gastrique n'a aucune faculté motrice par lui-même, parce que son excitation galvanique dans le crâne ne détermine aucune convulsion dans le pharynx ni dans le larynx, tandis que l'excitation galvanique du spinal provoque au contraire des contractions violentes dans le larynx[4].

Cette différence dans les résultats provient de la manière différente dont chaque auteur a délimité son expérience, ainsi que je le montrerai plus loin. Pour le moment je dirai seulement que

[1] *Manuel de physiologie*, t. I^er^, p. 109.

[2] Hein, *Uber des nervendes Gaumensegels*. Dans *Müller's Arch.*

[3] Van Kempen, *Essai sur la nature fonctionnelle du pneumo-gastrique*. (Thèse.) Louvain, 1842.

[4] Longet, *Traité d'anatomie et de physiologie du système nerveux*.

je partage pleinement l'opinion généralement admise aujourd'hui par tous les physiologistes éclairés, que l'excitation galvanique appliquée au pneumo-gastrique peut déterminer des mouvements dans le pharynx et le larynx.

J'admets donc que le galvanisme convenablement applique met en évidence dans le pneumo-gastrique une source motrice propre, indépendante de celle que la branche interne du spinal porte au larynx. D'où je conclus que « le pneumo-gastrique ne « se comporte pas à l'excitation galvanique comme une racine ra- « chidienne postérieure, et que le spinal ne lui fournit pas exclusi- « vement sa faculté motrice, comme cela a lieu pour une racine « antérieure à l'égard de sa racine postérieure correspondante. »

3° *Sous le rapport de sa fonction motrice, les vivisections démontrent-elles que le spinal est la racine antérieure du pneumo-gastrique ?*

Il s'agit encore d'examiner, à l'aide d'autres expériences, si le spinal est la racine motrice du pneumo-gastrique, autrement dit, si tous les mouvements du pharynx, de l'œsophage, de l'estomac, du cœur et des poumons auxquels préside le nerf pneumo-gastrique, tirent exclusivement leur source de l'anastomose que le spinal (nerf moteur) envoie dans le nerf pneumo-gastrique. C'est là l'opinion que Bischoff a développée dans le travail que nous avons déjà cité. Voyons les arguments qu'il avance et les faits sur lesquels il s'appuie.

Personne n'ignore aujourd'hui que lorsqu'on coupe à leur origine toutes les racines postérieures de la moelle épinière qui se rendent dans un membre, *la sensibilité seule s'y trouve complétement abolie;* tandis que si l'on agit uniquement sur les racines antérieures correspondantes, *la motilité est seule détruite* dans le membre, qui a néanmoins conservé toute sa sensibilité. Eh bien, il est facile de comprendre que c'était de la même manière qu'on devait pouvoir démontrer les propriétés de la prétendue paire pneumo-spinale. Cela se résume donc, comme le dit Bischoff [1].

[1] Thèse citée, p. 87 et suiv.

à couper le spinal avant son union avec le pneumo-gastrique, et la question sera résolue si, après cette section, la faculté motrice du pneumo-gastrique est entièrement abolie, ainsi que cela arrive après la destruction des racines antérieures qui se rendent dans un membre. C'est dans la vue de chercher cette démonstration que Bischoff a institué ses expériences, que je rappelle ci-après.

Expériences de Bischoff. Des sept expériences que cet auteur rapporte, une seule lui paraît probante : c'est la dernière. Nous les mentionnerons toutes cependant à cause de certaines particularités qu'elles ont offertes et pour ne rien négliger des arguments sur lesquels Bischoff appuie sa théorie.

Première expérience (chien). Essai infructueux pour arriver sur les origines du pneumo-gastrique et du spinal, au moyen d'une couronne de trépan. « La mort survint rapidement, dit Bischoff, par l'hémorragie qui résulte de l'ouverture des sinus veineux. »

Pour ses autres expériences, l'auteur choisit un procédé qui consistait à fendre la membrane occipitale altoïdienne après avoir disséqué les muscles postérieurs du cou au moyen d'une incision en T.

Deuxième expérience (chien). L'animal, épuisé par la perte considérable de sang, meurt avant la fin de l'expérience.

Troisième expérience (chien jeune et vigoureux). Le ligament occipito-altoïdien étant mis à découvert et la dure-mère ayant été divisée, il s'écoula une grande quantité de liquide céphalo-rachidien. Bischoff voyant alors distinctement les deux nerfs spinaux placés sur les côtés de la moelle allongée parvint à les diviser facilement au-dessus de la première paire rachidienne. Lors de la section du nerf spinal droit, le chien hurla et pencha la tête à droite. Au moment de la section du spinal gauche, l'animal poussa le même cri et pencha la tête de ce côté. Mais le sinus veineux latéral droit ayant été blessé, l'animal mourut aussitôt.

« Cette expérience, de même que les précédentes, ne prouve rien, » dit Bischoff. « L'expérimentation est très-difficile, ajoute-t-il,

à cause de la grande quantité de sang qui gêne le manuel opératoire et dont la perte affaiblit les animaux au point de compliquer singulièrement les résultats. » Cependant il poursuit ses tentatives.

Quatrième et cinquième expérience (sur deux chiens). Bischoff parvint à diviser la membrane occipito-atloïdienne et à couper les deux spinaux dans le canal vertébral au-dessus de la première paire rachidienne. Après cette opération, les deux chiens eurent la voix rauque et altérée. Tous deux purent être conservés jusqu'à guérison, et ce qu'il y eut de remarquable, c'est qu'après quelques semaines, la voix revint avec son timbre ordinaire. L'autopsie faite alors avec beaucoup de soin prouva que les spinaux étaient bien coupés, mais elle laissa aussi constater, dit Bischoff, qu'au-dessus du point de leur section il restait quelques filets originaires du spinal, qui permettaient à ces nerfs d'exécuter encore leurs fonctions. L'ablation des spinaux n'avait donc été que partielle.

Sixième expérience (chevreau). Bischoff commençait à désespérer d'arriver à une expérience complète, quand par hasard il observa que sur les chèvres l'espace entre l'occipital et l'atlas, étant beaucoup plus grand, permettrait d'atteindre les racines supérieures du spinal. Il se décida à tenter de nouvelles expériences sur ces animaux qui, plus criards et plus sensibles que les chiens, lui semblaient encore sous ce rapport devoir être plus favorables à ce genre de recherches. Sur un premier chevreau, Bischoff, après avoir ouvert la membrane occipito-atloïdienne, fut encore obligé de diviser les os pour atteindre les racines supérieures du spinal. Malgré le sang qui coula en abondance, il coupa autant qu'il put les racines des nerfs accessoires. Cependant l'animal ne perdit pas entièrement la voix. L'autopsie étant venue apprendre qu'il restait encore quatre ou cinq filets originaires intacts de chaque côté, on s'expliqua comment la voix n'avait pas été entièrement abolie.

Septième expérience (chevreau). Sur un second chevreau plus vigoureux, Bischoff répéta la même expérience avec un plein

succès. Après la section complète de toutes les racines du spinal droit, la voix devint rauque. A mesure qu'on les coupait du côté opposé, la voix s'éteignit graduellement, et à la fin l'animal ne rendit plus qu'une espèce de son qui ne pouvait être qualifié du nom de voix, « qui neutiquam vox appellari potuit [1]. »

Tiedemann et Seubert étaient présents à cette expérience : l'autopsie du chevreau faite en leur présence démontra que toutes les racines des spinaux avaient été coupées et que le vague était resté intact des deux côtés.

Bischoff ne refit plus cette expérience, et il se félicite beaucoup d'avoir pu réussir une fois devant des témoins aussi illustres que ceux qui l'assistaient.

C'est d'après cet unique fait que Bischoff a conclu que le spinal représentait la seule racine motrice du vague : « Mihi jure videor id posse affirmari, quod hac disputatione volui probari :

« Nervum accessorium nimirum nervum motorium esse ideo in parte vagi abscisi, ut motus, quibus hic, qui sensificus tantum modo nervus est, præesse videatur, ipse perficiat; eumdem ergo præesse motibus quoque musculorum laryngis, indeque nervum esse vocalem.

« Verum hunc memorem esse velim me nusquam dixisse nervum *accessorium vocalem tantummodo esse;* sed ubique censui accessorium *nervum esse motorium,* ideoque ut hæc repetam in partes vagi abscisi ut omnes motus quibus hic præesse videretur, ipse perficeret [2]. »

La théorie de Bischoff s'introduisit rapidement dans la science, et fut soutenue par des physiologistes de tous les pays; mais nulle part, sans doute à cause de sa difficulté, l'expérience de Bischoff ne fut reproduite, si ce n'est en France, où M. Longet parvint à la répéter très-incomplétement sur un chien, qui eut la voix rauque après la section des origines du spinal d'un côté [3].

[1] Bischoff. Thèse citée, p. 94.

[2] Thèse citée, p. 95.

[3] *Recherches expérimentales sur les fonctions des nerfs et les muscles du larynx, et sur l'influence du nerf accessoire de Willis dans la phonation*, p. 20-31.

Cependant l'expérience de Bischoff, qui seule était complète, restait toujours comme l'unique argument sur lequel reposait toute sa théorie. Elle était évidemment insuffisante ; ensuite elle prouvait simplement qu'*à la suite de l'ablation des spinaux, la voix avait été abolie dans un cas.* On ne pouvait pas rigoureusement inférer de ce simple résultat, comme l'ont fait Bischoff et ceux qui ont soutenu sa théorie, que le spinal préside à tous les mouvements de la moitié supérieure du tube digestif, à ceux des appareils vocal, respiratoire et circulatoire. L'analogie pouvait sans doute conduire à cette conclusion générale, mais, en physiologie expérimentale, l'analogie ne suffit pas, il faut avoir la preuve directe.

Comment pouvait-on faire pour démontrer cette influence du spinal sur les mouvements du cœur, de l'estomac, de l'œsophage, etc.? Il fallait évidemment conserver les animaux après la section des deux spinaux et s'assurer sur eux que, outre l'abolition de la voix (par suite de la paralysie du larynx), le pharynx, l'œsophage, l'estomac, etc. étaient également paralysés et ne fonctionnaient plus sous le rapport de leurs mouvements.

Or jamais dans l'état où se trouvaient les animaux que Bischoff avait opérés il ne fut possible de constater ces faits, car ils ne survivaient à l'opération que quelques heures au plus.

Le procédé expérimental[1] que j'ai employé permet la survie des animaux, et laisse tout le temps nécessaire pour observer l'ensemble des phénomènes qui sont la conséquence de la destruction des nerfs spinaux.

Pour le moment, il me suffira de dire que j'ai constaté, après l'ablation bien complète des deux spinaux par mon procédé, que la voix était abolie, comme l'avait vu Bischoff dans son expérience. Mais, de plus, j'ai pu constater que la voix seule était éteinte, tandis que les mouvements de la digestion, de la circulation et de la respiration, etc. continuaient sans présenter aucune lésion évi-

[1] Le procédé opératoire sera décrit avec soin dans la 2e partie de ce mémoire.

dente. Je me suis assuré de ces résultats en conservant les animaux pendant des mois entiers.

L'*abolition de la voix* est donc un fait confirmatif de l'expérience de Bischoff, mais l'intégrité des mouvements fonctionnels de l'estomac, de l'œsophage, du cœur, du poumon, etc. sont des résultats en opposition avec sa théorie. En effet, il est évident que si, comme il l'avance, le nerf spinal était la racine motrice unique du pneumo-gastrique, non-seulement le larynx, mais encore tous les mouvements auxquels préside ce nerf dans l'œsophage, l'estomac, etc. auraient dû être détruits. Or cela n'a pas lieu, d'où il suit qu'on doit admettre qu'après l'extirpation des spinaux il y a des filets moteurs propres au vague, et indépendants du spinal, qui continuent à faire fonctionner, comme à l'ordinaire, l'œsophage, l'estomac, le poumon et le cœur. Rien d'analogue ne s'observe quand on coupe toutes les racines antérieures qui se distribuent dans un membre. La paralysie des mouvements est complète partout où se distribuaient les racines motrices réséquées.

De tout cela, je conclurai, en définitive et contrairement à Bischoff et à ceux qui ont soutenu sa théorie que, « sous le rap-
« port anatomique, aussi bien que sous le rapport physiologique,
« les nerfs pneumo-gastrique et spinal ne se trouvent pas dans les
« mêmes rapports fonctionnels que les deux racines d'une paire
« rachidienne, et que, conséquemment, l'histoire anatomique et
« physiologique de ces deux nerfs doit être séparée. »

DEUXIÈME PARTIE.

EXPOSÉ DE RECHERCHES ANATOMIQUES ET PHYSIOLOGIQUES NOUVELLES SUR LE SPINAL, ET DÉDUCTIONS QU'ON PEUT EN TIRER RELATIVEMENT AUX FONCTIONS DE CE NERF.

Tous les physiologistes qui, à l'exemple de Bischoff, ont considéré le pneumo-gastrique et le spinal comme représentant les

deux éléments d'une paire nerveuse, ont dû, par suite de cette idée, confondre et étudier simultanément les fonctions de ces deux nerfs. Nous pensons avoir établi dans la première partie de ce travail, contrairement à cette doctrine, que le vague et le spinal n'offrent point l'exemple d'une association analogue à celle qui unit les racines d'une paire rachidienne, et que ces deux nerfs sont parfaitement indépendants l'un de l'autre dans l'accomplissement de leurs fonctions. En conséquence, nous séparons l'étude physiologique du pneumo-gastrique de celle du spinal, auquel se rapporteront spécialement toutes les recherches qui vont suivre.

§ 1^er^. ANATOMIE DU NERF SPINAL CHEZ L'HOMME.

(Pl. 1, fig. 1, 2, 3.)

Le nerf spinal naît par des origines très-étendues sur la moelle épinière cervicale, et remonte, par un trajet récurrent bizarre, dans le crâne, pour sortir ensuite, conjointement avec le vague, par le trou déchiré postérieur. Ces dispositions anatomiques exceptionnelles ont attiré, de tout temps, l'attention des anatomistes.

Willis, qui le premier a décrit le spinal comme un nerf particulier, a parfaitement indiqué la manière dont il prend naissance sur les côtés de la moelle épinière cervicale.

« Le nerf spinal (accessoire) naît, dit cet auteur, sur les côtés de la moelle, et commence, vers la sixième ou septième vertèbre cervicale, par une extrémité très-déliée[1]; puis il remonte vers le crâne, en augmentant considérablement de volume par l'adjonction successive de nouvelles fibres originaires, jusqu'à ce que tous *ces filets, nés de la moelle épinière, constituent dans le canal vertébral, par leur réunion, un tronc nerveux, blanc et arrondi, qui se dirige ensuite vers le trou déchiré postérieur, etc.* »

[1] Nervus (accessorius) in latere spinalis medullæ cum acuta cuspide incipiens, juxta sextam aut septimam cervicis vertebram deprehendetur. In ascensu vero mole auctus, etc. (*Cerebri anatom. nervorumque, etc.* Willis, cap. XXVIII, p. 236; edit. 1664.)

Il est nécessaire de nous arrêter un instant sur la description du spinal donnée par Willis, parce que, bien qu'elle soit très-exacte, elle n'a pas été comprise, et a été mal appréciée par les auteurs modernes. Il résulte, en effet, très-clairement de sa description anatomique et des figures qui l'accompagnent, que Willis comprend, comme origine du spinal seulement, les filets nés de la moelle épinière, et se réunissant au niveau ou très-peu au-dessus de la première paire cervicale, dans le canal vertébral, en un tronc nerveux commun (B, fig. 1 et 2), tandis que tous les filets originaires (B', fig. 1 et 2), nés de la moelle allongée, au-dessus de la première paire cervicale et qui ne s'accollent au spinal que dans le trou déchiré postérieur en K (fig. 1 et 2), sont regardés par Willis comme appartenant au nerf pneumo-gastrique.

Scarpa [1], dont la description a été suivie par les modernes, a donné au nerf spinal une définition originaire toute différente de celle de Willis, en ce qu'il a compris, dans les origines du spinal, les filets nerveux (B', fig. 1 et 2), provenant de la moelle allongée que Willis rapportait au pneumo-gastrique.

Il faut donc être bien fixé sur ce point, que les origines du spinal, d'après Willis, ne sont constituées que par les filets *nés de la moelle épinière cervicale*, tandis que Scarpa y joint en plus les filaments *nés de la moelle allongée*, et placés au-dessous des origines du pneumo-gastrique, dont ils ne sont séparés que par un petit intervalle dans lequel passe habituellement une petite artère cérébelleuse postérieure, *n* (fig. 2). Cette remarque, qui n'avait été faite par aucun anatomiste avant moi, découle directement de la lecture attentive des auteurs et d'un grand nombre de dissections minutieuses que j'ai faites. Elle servira de point de départ à la critique que nous allons faire des opinions de Willis, de Scarpa et des modernes, sur le nerf spinal.

Si, en effet, on examine la distribution du spinal indiquée par Willis, en donnant à ce nerf la même délimitation originelle que

[1] Scarpa, *de Nervo spinali ad octavum cerebri accessorio Commentarius.* — Acta Academiæ Cæs. Reg. Josephinæ medico-chirurgicæ Vindobonensis, 1788.

lui, on trouve sa description parfaitement claire et très-exacte. En suivant le faisceau B (fig. 1 et 2), qui résulte de la réunion de tous les filets originaires du spinal provenant de la moelle épinière cervicale, et qui constitue le nerf accessoire tel que le délimite Willis, on voit qu'arrivé dans le trou déchiré postérieur, ce tronc nerveux peut, très-facilement, sur des pièces convenablement préparées[1], être décollé et séparé des nerfs voisins. On constate ensuite qu'il se continue directement avec la branche externe du spinal, qui se distribue dans les muscles sterno-mastoïdien et trapèze. De sorte que l'accessoire décrit par Willis ne concourt en rien à la formation de la branche anastomotique interne *k*; il ne fournit donc rien au pneumo-gastrique; au contraire, il en reçoit une anastomose S (fig. 1 et 2), qui est profondément et postérieurement située.

Ainsi Willis est conséquent à sa description quand il dit que l'accessoire qui remonte dans le crâne n'apporte rien au vague, mais qu'il vient au contraire lui emprunter un ou plusieurs filets, pour aller ensuite se distribuer dans les muscles du cou. De plus cette description est parfaitement exacte en ce qu'elle établit déjà clairement ce que Bendz[2] a trouvé dans ces derniers temps, savoir que les filets du spinal nés de la moelle épinière vont plus spécialement constituer la branche externe de ce nerf.

Scarpa, ayant donné au nerf spinal non-seulement les mêmes origines que Willis, mais y ayant adjoint de plus le petit faisceau de filets B′ (fig. 1 et 2), né de la moelle allongée, a dû nécessairement donner une description toute différente de l'anastomose entre le spinal et le pneumo-gastrique. En effet, quand on poursuit jusque dans le trou déchiré postérieur ces origines émanées de la moelle allongée, on constate évidemment qu'elles s'unissent au tronc du spinal, et semblent se confondre avec lui en s'enveloppant dans une gaîne cellulense commune. Mais sur des pièces

[1] Il est convenable de faire macérer d'abord les pièces dans de l'eau aiguisée d'acide azotique, puis on les conserve dans de l'eau alcoolisée.

[2] Bendz, *Tractatus de connexu inter nerv. vagum et access. Willisii*. Hauniæ, 1839.

macérées et convenablement préparées, on démontre, en divisant cette gaîne, qu'il n'y a là qu'un simple accolement, et que ces mêmes filaments bulbaires, réunis en *k* (fig. 1 et 2), se détachent un peu plus bas en un ou plusieurs filets *l*, *m* (fig. 2), pour constituer la branche anastomotique du spinal. Ceci prouve que les anastomoses que Scarpa a décrites sous le nom de *branche anastomotique interne du spinal* proviennent uniquement des filets originaires supérieurs du spinal B′ (fig. 1 et 2) et naissent de la moelle allongée. Et comme, d'autre part, nous avons démontré que Willis ne rangeait pas parmi les origines du spinal les filets nés de la moelle allongée, au-dessus de la première paire cervicale, il est facile de comprendre que cet auteur n'ait pas dû décrire *la branche anastomotique interne*. C'est pour n'avoir pas fait toutes ces remarques que Bischoff accuse à tort Willis d'ignorance en anatomie, et lui reproche de ne pas avoir vu que l'accessoire envoie un rameau anastomotique dans le vague. « Qualis autem erat anatomiæ scientia, non mirum est Willisium non perspexisse quod sit accessorium inter et vagum vera ratio, etc.[1] »

En résumé, lorsqu'on admet, ainsi que le font les anatomistes modernes, la délimitation originelle du nerf spinal telle que l'a donnée Scarpa[2], il faut savoir que les origines du spinal doivent être distinguées en celles qui naissent de *la moelle épinière* pour aller constituer la branche externe du spinal, et en celles qui prennent origine de *la moelle allongée* pour aller former la branche anastomotique interne.

Toutefois, Scarpa a complétement ignoré cette disposition; il a décrit le spinal comme un tronc nerveux dont les fibres, sans distinction d'origine, se séparent en deux portions, et il admet que la partie anastomotique provient indifféremment de toutes les origines médullaires, puisqu'il suppose, comme nous l'avons dit plus bas, que cette anastomose est destinée à apporter au

[1] Bischoff, Thèse citée, p. 64.

[2] Cette délimitation est préférable à celle de Willis : nous en donnerons plus loin la raison physiologique.

pneumo-gastrique l'influence de toute la moelle cervicale. Bischoff n'a pas fait non plus cette distinction, bien que ces expériences eussent dû l'y conduire. M. Longet, qui a reproduit la doctrine de Bischoff, est tombé dans la même erreur et a décrit l'anastomose interne comme provenant de toute la portion de la moelle épinière où s'insère le spinal. Seulement, cet auteur raisonnant sur cette disposition anatomique inexacte, veut lui trouver une cause finale, et il ajoute que c'est une prévision admirable de la nature d'avoir ainsi assuré les fonctions si importantes de la branche interne du spinal, en la faisant naître dans une étendue très-considérable de la moelle épinière [1].

Relativement aux anastomoses que le spinal contracte, soit dans le canal rachidien, soit à son passage dans le trou déchiré postérieur, soit à la sortie du crâne, on trouve une grande divergence d'opinions parmi les anatomistes.

Avant son entrée dans le trou déchiré postérieur, le spinal forme un nerf successivement croissant de bas en haut, depuis la cinquième paire cervicale environ qui limite ses origines inférieures [2]. Le tronc du spinal, alors placé sur les côtés de la moelle épinière, semble être collé sur son faisceau latéral. Mais en soulevant ce nerf avec des pinces, on voit que ses radicules se portent obliquement en arrière et viennent s'implanter en se bifurquant et quelquefois en se trifurquant immédiatement au-devant des filets radiculaires des racines postérieures. Vers la partie supérieure du cou, les filets d'origine du spinal sont plus longs, et le tronc du nerf, placé tout à fait latéralement à la moelle épinière, appuie sur la face postérieure du ligament dentelé. A mesure que l'on descend, les origines du spinal deviennent de plus

[1] Longet, *Traité d'anatomie et de physiologie du système nerveux*, t. II, p. 266, 1842. Il est vrai de dire que, depuis mon mémoire, M. Longet a complétement changé d'opinion. (Voyez son Traité de physiologie, t. II, p. 312, 1850.)

[2] La plupart des anatomistes décrivent, en effet, les origines du spinal comme se terminant inférieurement chez l'homme au niveau de la cinquième paire cervicale; cependant il arrive souvent qu'en plaçant la préparation sous l'eau on poursuit encore un ou plusieurs filaments originaires excessivement ténus jusqu'à la septième paire cervicale, et même jusqu'à la première paire dorsale.

en plus courtes et font conséquemment que le tronc du nerf se rapproche davantage des faisceaux postérieurs de la moelle, si bien que dans la partie inférieure du cou il est placé très en arrière et très-près des racines postérieures rachidiennes. Quoi qu'il en soit, les filets originaires du spinal naissent tous par des origines bifurquées ou trifurquées[1] sur la partie la plus reculée des faisceaux latéraux, par conséquent immédiatement à côté des racines postérieures et bien en arrière des racines antérieures.

Le tronc du spinal contracte dans son trajet intra-rachidien quelques anastomoses avec les racines postérieures. Dans toutes les pièces que j'ai disséquées, ces connexions m'ont paru constantes et plus marquées avec les racines postérieures de la première paire cervicale, ainsi que l'avait déjà observé Bischoff. Il ne m'a pas semblé que ce fussent là de véritables anastomoses, c'est-à-dire un échange de filets nerveux entre le spinal et les racines postérieures. Souvent il arrive, en effet, que quelques filaments de la racine postérieure de la première paire cervicale s'unissent au tronc du spinal, mais il est toujours facile de les isoler et de constater qu'il n'y a là qu'un simple accolement. Quelques anatomistes, et Mayer[2] en particulier, ont décrit au niveau de ces accolements des petits corps ganglionnaires sur le tronc du spinal. J'ai cherché souvent ces corps ganglionnaires sans succès. J'ai seulement vu quelquefois le petit ganglion de la racine postérieure de la première paire cervicale adhérer au tronc du spinal, dont on pouvait très-bien le séparer sur des pièces un peu macérées. A part cela, je n'ai jamais vu de ganglion appartenant à l'accessoire de Willis.

Après avoir franchi la première paire cervicale, toutes les origines que le nerf spinal a tirées de la moelle épinière forment un tronc isolé B (fig. 1), et c'est ce tronc nerveux seul qui constituait pour Willis le spinal tout entier, ainsi que nous l'avons dit

[1] Ce caractère appartient aux racines antérieures.

[2] *Neue Verhandlungen der K. L. C. Akademie*, t. XVI, p. 747.

ailleurs. Cette portion du spinal monte vers le trou déchiré postérieur, en s'infléchissant un peu en dehors, et elle reçoit, chemin faisant, un certain nombre de filets B′ (fig. 1) nés de la moelle allongée, qui s'y accolent pour aller constituer plus tard la branche anastomotique interne. Willis considérait ces filets comme appartenant au pneumo-gastrique; c'est Scarpa, qui les a rangés dans les origines du spinal[1]. Il paraît, au premier abord, assez difficile de séparer nettement les filets du spinal émanés de la moelle allongée de ceux du vague lui-même, qui naissent absolument sur la même ligne. Cependant ces filets, qui sont au nombre de trois ou quatre, ont des origines bifurquées ou trifurquées, ce qui n'a pas lieu pour les origines du vague, dont ils sont, du reste, souvent séparés par le passage de l'artère cérébelleuse postérieure, *n* (fig. 2). Les trois ou quatre filets originaires B′, nés de la moelle allongée, s'unissent quelquefois au spinal dans le canal vertébral, mais c'est le plus ordinairement à l'entrée du trou déchiré postérieur; et ils se placent en avant et au-dessus de la portion formée par les origines provenant de la moelle cervicale, à laquelle ils ne font que s'accoler pour aller former ensuite la branche anastomotique interne du spinal.

Le spinal, étant ainsi constitué par deux portions originairement distinctes, pénètre dans le trou déchiré en arrière et un peu au-dessous du pneumo-gastrique. Chacune des deux portions originaires du spinal peut être suivie isolément dans son trajet dans le trou déchiré postérieur. Le tronc B (fig. 1), qui est le résultat de toutes les origines médullaires du spinal, et que j'appellerai *grande racine médullaire,* se place tout à fait en arrière dans le trou déchiré postérieur, et sur des pièces macérées convenablement on peut toujours le décoller avec la plus grande facilité, et suivre sa continuité entière avec la branche externe du spinal. J'ai toujours constaté, ainsi que l'admettait Willis, que cette grande racine du spinal reçoit un filet anastomotique S du pneumo-gastrique lorsqu'elle est près de sortir du trou déchiré postérieur. Le faisceau

[1] Scarpa, *de Nervo spinali*, etc.

k, qui provient de l'assemblage des filets radiculaires B' du spinal insérés sur la moelle allongée, et que j'appellerai *courte racine bulbaire*, est d'abord accolé par du tissu cellulaire, ainsi qu'on le voit (fig. 2), à la partie antérieure de la grande racine, avec laquelle elle chemine pendant quelque temps comme étant dans un névrilème commun. Mais bientôt, en suivant avec soin cette courte racine, on constate qu'elle se sépare du tronc du spinal par un, deux ou quelquefois plusieurs filets, *l,m* (fig. 2), qui se jettent dans le pneumo-gastrique.

Scarpa et les modernes qui ont suivi sa description n'avaient pas su, ainsi que je viens de l'établir, que la grande racine médullaire née de la moelle épinière va constituer la branche musculaire externe du spinal, tandis que la courte racine bulbaire, née du bulbe rachidien, va se jeter dans le vague, et constituer la branche anastomotique interne. Scarpa considérait en effet que le tronc du spinal arrivé dans le trou déchiré postérieur était un nerf indivis, parfaitement homogène, dont toutes les origines s'intriquaient et se confondaient intimement, après quoi il se séparait en deux portions, la branche externe *r* (fig. 1 et 2) et la branche interne *l,m*, destinées à porter aux muscles du cou et au pneumogastrique l'influence provenant de toutes les origines médullaires du spinal. Cette erreur de Scarpa a été partagée par Bischoff et par plusieurs autres anatomistes. Mais elle a surtout été développée par M. Longet, qui a admis qu'il fallait que chacune des origines si multipliées du spinal vînt concourir dans une certaine mesure à la formation de sa branche interne, car c'était, suivant cet auteur, une prévision admirable de la nature pour assurer les fonctions de la branche interne du spinal[1].

Il est donc évident, contre l'opinion de Scarpa et celle des auteurs qui l'ont adoptée, que le spinal est un nerf composé de deux portions, qui sont distinctes à leur origine et à leur terminaison; que la grande racine médullaire correspond à la branche externe du spinal, que la courte racine bulbaire correspond à la branche

[1] Longet, *Anatomie et physiologie du système nerveux*, t. II, p. 266, 1842.

interne du spinal anastomotique avec le vague. Bendz[1] était déjà arrivé à une distinction analogue en se basant sur des dissections minutieuses. De mon côté, sans connaître son travail, j'y ai été conduit par les expériences physiologiques ; ce qui m'a permis non pas d'avancer cette distinction, qui est un fait capital dans l'histoire du spinal, mais d'en donner la démonstration, ainsi qu'on le verra plus loin.

La branche interne du spinal, après s'être séparée de ce qu'on a appelé le tronc du spinal, se jette dans le pneumo-gastrique par un, deux ou plusieurs filets, *l,m* (fig. 2). Ces filets viennent se placer en arrière et un peu en dedans du tronc du vague, auquel ils ne font que s'accoler, sans se confondre dans l'intumescence gangliforme que ce nerf présente en ce point. Spence[2], se fondant sur cette particularité, compare ingénieusement le mode d'adjonction de cette branche interne du spinal au vague à la manière dont se comporte la petite racine motrice de la cinquième paire avec sa grosse racine sensitive.

Il est difficile de poursuivre longtemps les filets émanés de la branche interne du spinal, et, anatomiquement, il est impossible de les distinguer aussi loin que nous le ferons plus tard à l'aide de l'expérimentation physiologique. On voit en effet la branche interne du spinal se diviser et s'éparpiller en filaments blancs sur le tronc du vague, qui présente une intumescence gangliforme, grisâtre marquée, en ce point. On peut constater cependant directement la continuation des filets de la branche interne du spinal jusque dans le rameau pharyngien, ainsi que l'avait très-bien figuré Scarpa[3]. Sur des pièces convenablement macérées, les filets de la branche interne tranchent par leur blancheur sur le fond gris du tronc du nerf pneumo-gastrique; on les voit se composer et se décomposer, sans qu'il soit possible anatomique-

[1] Bendz, *Tractatus de connexu inter nerv. vagum et access. Willisii.* Copenhagen, 1837.

[2] Spence, *Recherches anatomiques sur les nerfs pneumo-gastrique et spinal*, traduit dans les Annales médico-psychologiques, t. II, p. 48.

[3] Scarpa, *de Nervo spinali, etc.*

ment de les suivre isolément. Il ne m'a pas été possible de séparer, ainsi que Bendz[1] l'a fait, les filets de la branche interne jusque dans le nerf récurrent ou laryngé inférieur. On ne peut pas non plus constater d'anastomose bien nette de la branche interne du spinal avec le glosso-pharyngien et l'hypoglosse dans le trou déchiré postérieur.

La branche externe du spinal, à sa sortie du trou déchiré postérieur, se dirige en dehors et en bas au-dessous des muscles digastrique et stilo-hyoïdien, puis au-dessous du muscle sterno-mastoïdien, traverse souvent ce muscle ou s'accole à sa face profonde pour gagner le muscle trapèze dans lequel le spinal se termine. Chemin faisant, la branche externe du spinal donne des branches au sterno-cleido-mastoïdien, et forme, au niveau de ce muscle, une sorte de plexus auquel concourent des rameaux venant des paires cervicales et, en particulier, de la troisième. Les anastomoses ont une disposition en anse très-marquée. Après avoir franchi le sterno-mastoïdien, le spinal affaibli reçoit encore des communications de la deuxième et troisième paire cervicale. A la face profonde du trapèze, il reçoit deux branches des troisième, quatrième et cinquième paires cervicales. C'est à tort qu'on a dit que chez l'homme le spinal se rendait dans d'autres muscles que le sterno-mastoïdien et le trapèze.

Résumé de la description du spinal chez l'homme.

1° Le nerf spinal ou accessoire de Willis, étudié chez l'homme, est composé par une série de filaments nerveux à origines superficielles et bifurquées qui s'implantent sur la ligne de séparation des cordons postérieurs et latéraux de la moelle.

2° Ces filets d'origine du spinal commencent en haut sur les côtés de la moelle allongée, au-dessous du nerf vague et descendent inférieurement jusqu'à niveau de la racine postérieure de la cinquième paire cervicale environ.

3° Le nerf spinal doit être divisé en deux portions: 1° *la petite*

[1] *Tractatus de connexu inter nerv. vagum et access. Willisii.* Copenhagen, 1837.

racine bulbaire qui naît de la moelle allongée au-dessus de la première paire cervicale, et qui est destinée à former la branche interne du spinal dite *anastomotique* du vague; 2° *la grande racine médullaire* qui prend naissance sur la moelle épinière cervicale, et est destinée à former la branche externe du spinal.

4° L'anastomose entre le spinal et le pneumo-gastrique dans le trou déchiré postérieur n'est pas constituée uniquement par les anastomoses de la branche interne *l*, *m* (fig. 2) qui se jettent dans le tronc du vague, mais il y a aussi un ou plusieurs filets plus antérieurement situés S (fig. 1 et 2) qui proviennent du pneumo-gastrique et vont se jeter dans la branche externe du spinal. De sorte qu'en réalité il y a un échange de filets entre le spinal et le pneumo-gastrique.

4° Le nerf spinal doit être considéré comme un nerf essentiellement moteur. Sa branche interne se jette dans le vague et s'associe de plus au glosso-pharyngien et au grand sympathique par l'intermédiaire du plexus pharyngien, tandis que la branche externe va s'associer avec le plexus cervical.

§ 2. REMARQUES ANATOMIQUES SUR LE NERF SPINAL CHEZ LES ANIMAUX.

Chez les animaux, nous devons maintenir la division que nous avons établie entre les deux portions originaires du nerf spinal. Chez tous les mammifères que j'ai pu examiner (singe, chien, chat, lapin, chevreau, cheval, bœuf), on peut distinguer nettement et même plus parfaitement que chez l'homme, que la grande racine médullaire va constituer la branche externe du spinal, tandis que la courte origine bulbaire va former la branche anastomotique interne du spinal. J'ai fait figurer cette disposition dans le chat (fig. 4) et dans le lapin (fig. 5).

Les origines médullaires du spinal descendent chez certains mammifères beaucoup plus bas que chez l'homme; ainsi chez le bœuf, le cheval, le chat, les derniers filets radiculaires descendent jusqu'au niveau de la troisième ou quatrième vertèbre dor-

sale. Comme les origines médullaires sont destinées, ainsi que nous l'avons établi, à constituer finalement la branche externe du spinal, il en résulte que chez les mammifères, plus les origines du spinal s'étendent inférieurement, plus la branche externe devient volumineuse, et *vice versa*.

Je n'ai jamais constaté chez les mammifères des anastomoses intra-rachidiennes entre les racines postérieures de la deuxième paire cervicale ainsi qu'on en a signalé chez l'homme. Chez le lapin, le chien, le cheval, etc. la branche externe se distribue aux muscles de l'épaule, ce qui apporte quelques différences avec ce qui a lieu chez l'homme. Les origines bulbaires du spinal vont, chez ces animaux comme chez l'homme, constituer finalement la branche interne du spinal qui se jette dans le vague, toujours au-dessus de son ganglion cervical *nn*, ainsi qu'on le voit sur le chat et sur le lapin (fig. 4 et fig. 5).

Chez le chien, le chat, le lapin, le bœuf, j'ai toujours vu, comme chez l'homme, la branche interne du spinal s'anastomoser et se confondre avec le vague. Il paraîtrait cependant que cela n'est pas un fait général, car Vrolick[1] dit que chez le chimpanzé la branche interne du nerf spinal ne se réunit pas au vague, et va directement au larynx, tandis que la branche externe de ce nerf chez le même animal se distribue au sterno-mastoïdien et au trapèze, mais presque exclusivement à ce dernier muscle.

Chez les oiseaux et les reptiles, la grande origine médullaire du spinal a tout à fait disparu et il ne reste plus que la courte origine bulbaire, ainsi qu'on peut le voir sur le coq (fig. 6). Aussi chez ces animaux il n'y a pas de branche externe du spinal, et cela est facile à concevoir, puisque sa partie originaire à la moelle epinière manque. Il faut encore noter comme conséquence, chez les oiseaux et les reptiles, l'absence des muscles analogues aux sterno-mastoïdiens et trapèzes. Bischoff avait déjà remarqué que chez les oiseaux toutes les origines du spinal se jettent dans le vague; mais, comme il ignorait la division de ce nerf en deux

[1] Vrolik, *Recherches d'anatomie comparée du chimpanzé*, p. 40.

portions, l'une bulbaire, l'autre médullaire, il n'avait pas donné à ce fait sa véritable interprétation en établissant, ainsi que je viens de le faire, cette persistance des origines bulbaires du spinal quand les racines médullaires ont disparu. Nous ferons ressortir ultérieurement l'importance physiologique de ce fait d'anatomie comparée.

Chez les poissons, le nerf spinal n'existe pas, par cela seul qu'il n'a plus aucun rôle à remplir, ainsi que nous le montrerons.

§ 3. DES PROPRIÉTÉS DU NERF SPINAL.

Les propriétés du nerf spinal se rapportent, d'une part, à sa *sensibilité récurrente*, et, d'autre part, à son *irritabilité à l'excitation galvanique.*

La sensibilité récurrente[1] existe dans le nerf spinal comme dans les racines rachidiennes antérieures et dans quelques autres nerfs de mouvement[2]. Je l'ai constatée chez le chien, le chat, le lapin, le chevreau.

J'ai d'abord expérimenté sur la sensibilité récurrente du spinal avant son entrée dans le trou déchiré postérieur, et je l'ai ensuite examinée après sa sortie du crâne.

Première expérience. Sur la partie intra-rachidienne du spinal. — Après avoir mis à découvert la membrane occipito-atloïdienne[3] sur un gros chien, je l'ai fendue et j'ai pu voir les deux troncs formés par les racines médullaires du spinal, qui étaient placés sur les côtés de la moelle allongée. Ayant laissé reposer l'animal quelque temps, j'ai soulevé le spinal gauche au moyen d'un petit crochet et avec beaucoup de précautions; puis, afin d'avoir plus de liberté pour le pincer, je l'ai divisé immédiatement au-dessus de la pre-

[1] Voyez dans la première partie les caractères généraux de la sensibilité récurrente.

[2] Facial, hypoglosse, etc.

[3] Il faut avoir soin de ne pas diviser la première et la deuxième paire cervicale en faisant la plaie, sans quoi on ne trouve plus la sensibilité récurrente, et c'est pour cela qu'il m'était arrivé de ne pas la rencontrer dans quelques expériences.

mière paire cervicale. Agissant alors sur les deux bouts du tronc nerveux divisé, j'ai constaté clairement que le bout supérieur ou périphérique était sensible, tandis que le bout inférieur ou central ne possédait aucune sensibilité. J'ai obtenu les mêmes résultats sur le spinal, du côté opposé. Pour m'assurer d'où venait cette sensibilité du bout périphérique, j'ai coupé le vague, qui, théoriquement, avait été regardé comme la racine postérieure du spinal, et aurait dû, à ce titre, lui fournir la sensibilité récurrente. La section du pneumo-gastrique du même côté, ou même du côté opposé, ne produit pas la disparition ni aucune diminution de la sensibilité récurrente du spinal. Alors, j'ai divisé dans le canal rachidien la racine postérieure de la première paire cervicale qui s'offrait à ma vue, et aussitôt après la sensibilité du bout supérieur ou périphérique fut considérablement diminuée, mais non entièrement abolie. Pour l'éteindre, il me fallut encore couper la deuxième et la troisième paire cervicale : pour cela, j'allai chercher ces racines avec soin à leur sortie du trou de conjugaison, en renversant les muscles postérieurs de dehors en dedans, afin de ne pas diviser les anastomoses du plexus cervical et du spinal. Cette expérience prouve donc,

1° Que le spinal possède la sensibilité récurrente, dès son origine;

2° Qu'elle ne lui est point fournie par le pneumo-gastrique, mais par les trois premières paires cervicales.

Deuxième expérience. Sur la partie extra-crânienne du spinal. — Sur un gros chien, bien nourri et bien portant, j'ai découvert aussi haut que possible la branche externe du spinal, ce qui a exigé une opération assez laborieuse. J'ai ensuite recousu la plaie, qui était refroidie, et j'ai laissé reposer quelque temps l'animal de son opération. Alors la plaie s'étant réchauffée, j'ai pincé la branche externe du spinal à sa sortie du trou déchiré postérieur : elle était évidemment sensible. Alors je la divisai pour obtenir deux bouts, l'un central et l'autre périphérique, et je constatai, en les pinçant successivement, qu'ils étaient sensibles

tous deux. Le bout périphérique était sensible évidemment par la sensibilité récurrente qui provenait des paires cervicales, et je la fis disparaître en coupant les racines ou même les anastomoses en anses qui existent entre le spinal et les branches du plexus cervical. Ces anastomoses sont surtout très-faciles à voir entre la première paire et la branche externe du spinal. Mais d'où provenait la sensibilité du bout central? Il est évident que c'était là un phénomène de sensibilité directe, et non de sensibilité récurrente; car cette dernière ne s'observe que dans les nerfs qui ne tiennent plus directement aux centres nerveux. Cette sensibilité du bout central provenait très-vraisemblablement du vague par l'anastomose indiquée par Willis. Mais il aurait fallu, pour s'en assurer, couper le pneumo-gastrique dans le crâne et produire des désordres qui auraient modifié les conditions du phénomène.

J'ai répété ces expériences, avec les mêmes résultats, sur le chevreau, le chat et le lapin.

Troisième expérience. Sur l'irritabilité du nerf spinal à l'excitation galvanique. — En excitant au dedans du crâne le tronc des racines médullaires (longue racine médullaire), on détermine des mouvements seulement dans les muscles sterno-mastoïdien et trapèze, et absolument rien dans le larynx. En agissant sur les filets qui composent la courte racine bulbaire B′ (fig. 4 et 5), on produit des convulsions dans le larynx, le pharynx, et sensiblement rien dans les muscles du cou. En agissant sur les origines du pneumo-gastrique on produit des mouvements dans le pharynx et dans le larynx, mais qui paraissent d'une autre nature que les précédents en ce qu'ils se font un peu attendre. Pour obtenir ces résultats, il faut agir rapidement sur des animaux bien nourris; mais si on laisse quelques instants s'écouler, on voit les origines du pneumo-gastrique cesser d'abord d'être irritables au galvanisme, puis la racine bulbaire, puis la racine médullaire du spinal, qui persiste pendant plus longtemps excitable : de sorte qu'il semblerait qu'on peut, par le galvanisme, distinguer les filets moteurs

du pneumo-gastrique de ceux du spinal, par la durée moins grande de leur excitabilité au galvanisme.

Quoi qu'il en soit de tout ceci je conclus que le vague possède à son origine, et indépendamment du spinal, une propriété motrice évidente sur le larynx et le pharynx. Ce qui est, du reste, parfaitement en harmonie avec les expériences sur les animaux vivants.

TROISIÈME PARTIE.

FONCTIONS DU NERF SPINAL DÉMONTRÉES PAR L'EXTIRPATION DES NERFS SPINAUX.

Nous avons déjà dit ailleurs que la méthode de *section*, qu'on emploie généralement pour déterminer les usages des nerfs, ne pouvait être appliquée aux spinaux. Les dangers de cette opération ont dû nous la faire repousser, pour lui substituer une autre méthode de destruction des nerfs spinaux par *arrachement*, qui est plus simple et qui permet la survie des animaux. Chacun de ces modes opératoires méritera de nous arrêter un instant, tant pour apprécier la valeur des résultats qu'il fournit que pour mettre à même les personnes qui le voudraient, de répéter les expériences.

§ 1^er^. DESCRIPTION DU SPINAL SUR LES ANIMAUX VIVANTS. (PROCÉDÉS OPÉRATOIRES.)

(A) *Procédé de Bischoff.* — L'opération à laquelle cet auteur s'est définitivement arrêté consiste, comme nous l'avons vu, à mettre à découvert et à diviser la membrane fibreuse qui unit postérieurement l'occipital à l'atlas. On arrive par ce moyen dans la cavité rachidienne, et on aperçoit distinctement les deux nerfs spinaux, qui sont placés sur les côtés de la moelle allongée. Mais, ainsi que le remarque fort bien Bischoff, cette ouverture, suffi-

sante pour détruire les origines inférieures du spinal, ne permet pas, sur les chiens ni sur les chevreaux, d'en diviser les racines supérieures; et on est dans la nécessité, pour les atteindre, d'enlever encore une certaine portion de l'occipital. Il y aurait ainsi deux temps dans l'opération : 1° ouverture de la membrane occipito-atloïdienne; 2° section d'une partie de l'occipital.

Le premier temps s'accomplit en général avec assez de facilité, et c'est du reste le même procédé qu'on emploie pour obtenir le liquide céphalo-rachidien.

Mais au deuxième temps, quand on coupe le tissu osseux de l'occipital, les sinus veineux, qui sont presque inévitablement divisés, fournissent souvent une très-grande quantité de sang; et on voit alors, dans le plus grand nombre des cas, les animaux faiblir rapidement, et mourir avant la fin de l'expérience.

Bischoff et tous les expérimentateurs qui après lui ont employé le même mode opératoire ont attribué la mort rapide des animaux à l'abondance de l'hémorrhagie.

Quant à moi, après avoir répété un très-grand nombre de fois l'opération de Bischoff sur des chiens, des chats et des lapins, je puis certifier que, dans tous les cas, la mort est survenue par l'introduction de l'air dans le cœur.

En effet, aussitôt qu'un sinus ou même les petites veines osseuses qui s'y rendent ont été ouverts, on voit des bulles d'air mélangées au sang qui flue et reflue en suivant les mouvements respiratoires; et si l'animal fait des inspirations profondes, la cessation de la vie est presque instantanée.

J'ai toujours eu soin de disséquer les animaux après la mort, et je me suis assuré que les veines jugulaires étaient pleines d'air, ainsi que les cavités droites du cœur.

N'ayant donc plus aucun doute sur le mécanisme de la mort et sur la nature de la cause qui empêchait la réussite de l'expérience, j'ai travaillé avec une persévérance infatigable à trouver un moyen pour éviter l'introduction de l'air dans les veines. Par une série de tentatives très-multipliées, dont j'abrégerai le récit, j'ai essayé,

tantôt de lier les quatre veines jugulaires, tantôt d'obstruer la veine cave supérieure, pour empêcher la déplétion brusque des sinus dans l'inspiration, et pour forcer le sang à s'écouler par le système veineux rachidien. Mais l'engorgement des sinus occipitaux et l'hémorrhagie veineuse considérable qui en résultait apportaient un autre obstacle à l'accomplissement de l'expérience, et la mort, quoique plus lente, arrivait encore de la même manière; car à l'autopsie je trouvais la veine azygos et le cœur droit remplis d'air.

Enfin, je songeai à cautériser et à boucher directement les sinus de l'occipital. Pour cela j'employai deux moyens.

Le premier consistait à faire la section de l'occipital avec un gros couteau rougi au feu, et transformé ainsi en cautère actuel.

Le second moyen, que je préfère au précédent, consiste à pratiquer avec un perforateur, immédiatement au-dessus de la saillie occipitale externe, un petit trou qui pénètre dans le torcular. Par cette ouverture, qu'il faut avoir soin de fermer aussitôt avec le doigt pour empêcher l'entrée de l'air, on introduit avec pression le siphon d'une petite seringue, et on pousse avec beaucoup de lenteur, dans les sinus, une solution concentrée de persulfate de fer ou de nitrate d'argent. De cette façon, on obtient assez sûrement l'obstruction des sinus par la coagulation du sang qu'ils contiennent, surtout si l'on fait préalablement la ligature temporaire des veines jugulaires.

A l'aide de ces modifications, qui rendent l'expérience excessivement longue, et qui ne sont pas toujours des moyens infaillibles, je suis parvenu, cependant, dans quatre cas, à faire vivre les animaux (trois chiens et un chat) pendant quelques heures, et j'ai pu répéter plus convenablement l'expérience de Bischoff, sur la section directe des racines du spinal.

Voici ce que j'ai observé.

Quand on divise les filets inférieurs des deux spinaux jusqu'un peu au-dessus du niveau de la première paire cervicale, la voix n'est pas abolie; elle m'a paru même quelquefois d'un timbre plus

clair et plus perçant; mais à mesure qu'on arrive à couper les filets originaires supérieurs, les cris deviennent rauques d'abord, puis s'éteignent complétement lorsque la destruction des deux spinaux est achevée.

Dans un cas, sur un chien, au lieu de commencer la section des origines spinales de bas en haut, j'ai divisé seulement les trois ou quatre filets supérieurs. Alors la voix fut entièrement abolie, quoique toutes les origines inférieures n'eussent pas été lésées.

Mes expériences, dont les résultats s'accordent avec ceux de Bischoff, prouvent de plus que le spinal préside à la phonation par ses trois ou quatre origines supérieures, puisque, après la destruction de ces filets seuls, les animaux ne rendent plus qu'une sorte de souffle expiratoire sans aucune vibration sonore. Cette conclusion qui est, du reste, pleinement d'accord avec l'anatomie, a dû complétement échapper à Bischoff et à M. Longet[1], et cela se comprend, car ces deux auteurs ignoraient les faits que nous avons précédemment établis, savoir : que la branche anastomotique du spinal qui s'associe au pneumo-gastrique est constituée exclusivement par les filets originaires bulbaires de ce nerf.

Mais après les opérations que je viens de rapporter, il ne m'a jamais été possible de prolonger la vie des animaux au delà de quelques heures, et, du reste, les mutilations étaient si grandes, qu'il est difficile de comprendre comment la guérison aurait pu arriver sans amener, du côté de la moelle allongée et des nerfs pneumo-gastriques, des altérations graves, qui auraient empêché de savoir si les phénomènes observés ultérieurement dépendaient de l'ablation du spinal ou d'une altération consécutive du pneumo-gastrique.

En un mot, pour conserver les animaux et savoir si le spinal agissait sur d'autres organes que sur le larynx, il fallait absolument renoncer à cette manière d'expérimenter, et parvenir à enlever les

[1] Voyez Longet, *Anatomie et physiologie du système nerveux*, t. II, 1842.

spinaux sans ouvrir la cavité crânienne. C'est l'expérience que j'ai réalisée à l'aide du procédé suivant.

(B) *Procédé de l'auteur.* — Ce procédé consiste à saisir le spinal à sa sortie du trou déchiré postérieur, et à opérer par arrachement la destruction de toutes ses origines intra-rachidiennes.

Voici comment on opère : Au moyen d'une incision étendue de l'apophyse mastoïde jusqu'un peu au-dessous de l'apophyse transverse de l'atlas, on découvre la branche externe du spinal dans le point où elle se dégage en arrière du muscle sterno-mastoïdien. Avec une petite érigne, on fait soulever par un aide la partie supérieure du muscle sterno-mastoïdien; et disséquant avec soin la branche externe du spinal, on s'en sert comme d'un guide pour parvenir jusqu'au trou déchiré postérieur. Chemin faisant, il suffit de quelques précautions pour éviter la lésion des vaisseaux et des nerfs voisins.

Lorsqu'on est arrivé au delà du muscle sterno-mastoïdien, entre les faisceaux duquel il faut suivre le spinal, on arrive vers la partie antérieure de la colonne vertébrale, et en remontant pour se diriger vers le trou déchiré postérieur, on aperçoit bientôt le nerf hypoglosse E (fig. 4 et 5), qui vient traverser la direction du nerf pneumo-gastrique. C'est précisément en ce point où la branche anastomotique interne *l* (fig. 4 et 5) se détache du spinal pour se porter dans le tronc du pneumo-gastrique. A l'aide de pinces modifiées pour cet usage, on saisit cette branche en même temps que la branche externe du spinal *r* (fig. 4 et 5), puis on exécute sur la totalité du nerf spinal qu'on a ainsi saisi, une traction ferme et continue, c'est-à-dire sans secousses, qui agit sur toutes les origines du nerf. Bientôt on sent une sorte de craquement, le nerf cède, et on ramène au bout des pinces un long filament nerveux conique, qui se termine par une extrémité excessivement ténue, et dont se détachent des radicules quand on le place sous l'eau. Ce n'est rien autre chose que toute la portion intra-rachidienne du nerf spinal.

Comme on le voit, le procédé opératoire tel qu'il vient d'être

décrit a pour but d'arracher le nerf spinal en entier, c'est-à-dire de détruire à la fois les origines qui constituent sa branche externe et sa branche interne.

Mais on pourra, si l'on veut, extirper isolément, soit les origines médullaires, soit les origines bulbaires du spinal. En effet, si l'on saisit avec les pinces, et si l'on exerce les tractions sur la branche interne seule, on arrache seulement les filets bulbaires [1], et on aura les résultats de l'ablation isolée de la branche interne. Si, au contraire, on saisit la branche externe du spinal *r* (fig. 4 et 5), ce qui est l'opération la plus facile, on arrachera seulement les origines médullaires du spinal, et on aura les résultats de l'ablation isolée de la branche externe.

On remarquera que cette sorte de dédoublement du procédé expérimental vient encore prouver, comme je l'ai déjà établi, que les origines médullaires du spinal, qui constituent la branche externe de ce nerf, ne sont que simplement accolées par un tissu cellulaire lâche aux origines bulbaires *k* (fig. 1, 2, 3 et 4), dans le trou déchiré postérieur; car si elles étaient unies intimement [2] et surtout intriquées et mélangées, il serait impossible de les arracher isolément.

D'après la description qui précède, on voit que cette manière d'enlever le spinal n'est certainement pas plus difficile que celle de Bischoff, mais qu'elle est plus complète et est exempte de grandes mutilations, ce qui doit la faire préférer. Avec un peu d'habitude elle présente également un degré de certitude irréprochable. Avant d'appliquer ce procédé aux animaux vivants, je l'ai étudié scrupuleusement [3] sur des animaux morts, auxquels j'avais préalablement découvert les origines intra-rachidiennes du spinal.

[1] Cette opération est fort difficile sur de petits animaux, chat ou lapin; elle réussit mieux sur le chevreau ou sur le cheval.

[2] J'ai reconnu cependant que quelquefois, chez les vieux animaux, chat et lapin, il arrive que la densité du tissu cellulaire est plus grande entre deux nerfs, de sorte qu'il peut arriver alors qu'en tirant seulement sur la branche externe du spinal on enlève totalement ou partiellement la branche interne.

[3] C'est ce que chacun devra faire préalablement s'il veut reproduire mes expériences

J'ai pu ainsi m'assurer directement que tous les filaments originaires du spinal sont toujours arrachés et entraînés dans l'opération, tandis que ceux du vague sont respectés.

Du reste, nous soumettrons toujours nos animaux à un critérium sûr, l'autopsie de la tête, qui nous montrera clairement les racines nerveuses qui auront été détruites. Les pinces dont je fais usage ressemblent à des pinces à torsion pour les artères : seulement les mors, au lieu d'être tranchants, doivent être arrondis afin que le nerf puisse être serré solidement sans que, pour cela, son névrilème soit coupé.

J'ai expérimenté sur des chiens, des chats, des chevreaux et des lapins. Chez le chat, le lapin, le chevreau, l'extirpation du spinal est très-facile, excepté sur le chien, où elle échoue presque toujours : cela tient à la densité du tissu cellulaire, qui, chez cet animal, unit le névrilème avec le périoste des os qui livrent passage aux nerfs de la huitième paire. Cette circonstance particulière fait que les branches du nerf spinal se cassent ordinairement sous les mors de la pince plutôt que de se laisser arracher [1].

J'ajouterai qu'on doit en général préférer les animaux encore jeunes, et que les chats sont surtout favorables à ce genre d'expérimentation, à cause de leur nature criarde. On ne voit pas ordinairement survenir de complications graves à la suite de cette opération. Au bout de quatre à cinq jours les plaies du cou entrent en cicatrisation, et les animaux sont rendus à leur état normal, moins les spinaux qu'ils n'ont plus.

Ainsi, par mon procédé, j'ai pu atteindre le but : les nerfs spinaux ont été bien détruits, et les nerfs pneumo-gastriques ménagés : dès lors il m'a été permis de constater des phénomènes nouveaux, et d'observer toutes les phases des troubles

[1] Cette extirpation des nerfs n'est pas un procédé nouveau qui soit spécial au spinal ; c'est une méthode nouvelle d'expérimentation que j'ai appliquée au facial, à l'hypoglosse et aux nerfs crâniens en général. Je répète que, chez le chien, l'application de cette méthode offre beaucoup de difficultés.

fonctionnels qui suivent l'ablation des nerfs dont je voulais étudier les usages.

§ 2. ABLATION COMPLÈTE DES DEUX NERFS SPINAUX.

Première expérience. — Le 25 octobre 1842, j'ai enlevé les deux spinaux à un chat mâle adulte et bien portant.

La voix, devenue rauque après l'ablation d'un seul spinal, fut subitement abolie quand la destruction des deux spinaux fut opérée.

Le chat étant débarrassé de ses liens, et remis en liberté, voici ce qu'on observa :

Cet animal qui, avant l'expérience, était très-remuant et très-criard, se retira dans un coin où il resta calme pendant environ une heure, exécutant de temps en temps une sorte de mouvement de déglutition, mais sans proférer aucun miaulement.

Quand on pinçait la queue de l'animal pour lui arracher des cris, il ouvrait les mâchoires, mais ne rendait qu'une espèce de souffle bref et entrecoupé par des inspirations. Si on prolongeait la douleur, le chat faisait des efforts pour s'échapper, rendait parfois une sorte de râlement brusque et rapide. A l'état de repos, sa respiration ne paraissait nullement gênée; seulement, quand on forçait l'animal à se déplacer et à courir, il paraissait plus vite essoufflé, et avait de la tendance à s'arrêter.

Le lendemain, le chat était complétement remis des souffrances et de la frayeur de son opération; il était redevenu gai et caressant comme avant, mais il cherchait peu à miauler. Cependant quand on lui présentait la nourriture avant de la lui donner, il essayait de l'atteindre en voulant pousser des miaulements de désir, comme font les chats en pareil cas; mais ces miaulements spontanés se réduisaient, comme ceux qu'on lui arrachait par la douleur, à un souffle expiratoire le plus ordinairement peu prolongé. Si alors on jetait à l'animal son morceau de mou, il se précipitait d'abord sur lui avec voracité, mais bientôt son ardeur

s'apaisait, et, mangeant plus lentement, l'animal s'arrêtait et relevait la tête à chaque mouvement de déglutition. Quand on troublait brusquement le chat à cet instant, on déterminait quelquefois une espèce de toux ou d'éternument comme si des parcelles alimentaires tendaient à passer dans la trachée. La préhension des aliments liquides (lait) se faisait lentement, et la déglutition quoique sensiblement gênée, paraissait plus facile dans ce cas que pour les aliments solides.

Les jours suivants, le chat ne présenta rien de particulier; les troubles légers de la déglutition, bien que toujours appréciables, surtout quand on dérangeait brusquement l'animal pendant son repas, devinrent par la suite un peu moins apparents.

Les phénomènes respiratoires, digestifs et circulatoires n'éprouvèrent pas la moindre atteinte. L'animal, d'une assez grande maigreur au moment de son opération, engraissa rapidement sous l'influence d'une bonne nourriture.

En un mot, ce chat était resté physiologiquement à peu près le même; il n'y avait d'anormal en lui que l'absence complète de la voix.

Ce chat, qui était très-apprivoisé, sortait dehors et rentrait ordinairement; mais le 28 décembre 1842, c'est-à-dire deux mois après l'opération, il fut perdu et ne revint plus, de sorte que cette expérience ne put être complétée par l'autopsie.

Deuxième expérience. — Le 12 janvier 1843, je fis l'extirpation des deux spinaux sur un autre chat mâle adulte : j'obtins l'abolition complète de la voix, avec des phénomènes semblables à ceux mentionnés dans l'expérience précédente.

Le 27 janvier, quinzième jour de l'expérience, je sacrifiai l'animal en lui faisant subir une expérience que je rapporterai ailleurs; et je constatai, d'une part, que les deux spinaux étaient bien exactement enlevés, et que, d'autre part, le poumon et l'estomac n'offraient pas la moindre apparence d'altération.

Depuis la publication de ces expériences, qui se trouvent consignées dans mon premier mémoire, j'ai opéré de même un grand

nombre de chats, et toujours avec les mêmes phénomènes. Plusieurs de ces animaux ont été conservés plusieurs mois. J'en ai même suivi un pendant deux ans; il appartenait à une personne qui me l'avait confié pour lui enlever la voix: ses fonctions organiques étaient toujours restées intègres.

Troisième expérience. — Le 11 mars 1843, sur un gros surmulot mâle, j'ai extirpé les deux spinaux [1].

Quand on irritait le surmulot avant l'opération, il poussait des cris excessivement aigus, qui sont particuliers aux animaux de son espèce.

Aussitôt après l'ablation des deux spinaux il y eut aphonie, et les cris aigus furent remplacés par un grognement très-bref.

Remis en liberté, l'animal fit pendant quelque temps des mouvements de déglutition; il se tapit dans un coin de sa cage et répugnait au mouvement. Le lendemain on lui donnait du pain à manger. La déglutition paraissait sensiblement gênée, et quand le surmulot mangeait trop vite, il passait évidemment des aliments dans la trachée, à en juger par ses éternuments et par une sorte de toux rauque qui troublait momentanément la respiration. Après la cessation de ces accidents, l'animal recommençait à manger plus lentement qu'avant, il mâchait longtemps et suspendait la mastication au moment où la déglutition s'effectuait.

Les jours suivants, les mêmes phénomènes persistèrent toujours. A l'état de repos, l'animal était calme et respirait normalement et avalait assez bien; mais on provoquait facilement les désordres déjà indiqués dans la déglutition, si on le forçait à courir et à respirer fortement au moment où il mangeait.

[1] Ces animaux, de même que les chats, sont assez difficiles à expérimenter, à cause de leur indocilité et à cause de la conformation conique de leur museau, qui ne permet pas de les museler sûrement. J'emploie pour cela un procédé très-certain : il consiste à passer au travers de la gueule de l'animal et derrière les dents canines un petit morceau de bois, comme un crayon, par exemple; aussitôt on place en arrière de cette espèce de mors une ligature circulaire, qu'on serre modérément. L'animal ainsi pris ne peut plus se démuseler, parce que le crayon empêche la ligature de glisser, et que les dents retiennent le crayon. On a en même temps l'avantage de maintenir la gueule ouverte et de ne pas empêcher la formation des cris, ni la respiration de s'exercer librement.

Le 16 mars (cinquième jour de l'opération), l'animal fut sacrifié. Les spinaux étaient complétement enlevés.

Les poumons étaient sains, excepté une partie du lobe supérieur du poumon droit, qui offrait une particularité remarquable. Extérieurement on apercevait de petites masses blanchâtres, de volume égal, disséminées dans cette portion du tissu pulmonaire. En ouvrant alors les canaux aériens du poumon avec précaution, je trouvai des miettes de pain mâché qui obstruaient les grosses bronches, et il me fut facile de constater que les petites taches blanches étaient formées par la même matière. L'estomac n'offrait pas d'altération, et contenait des aliments en partie digérés.

Quatrième expérience. J'ai enlevé les spinaux à un très-grand nombre de lapins jeunes ou adultes. Comme toutes ces expériences se ressemblent, quant aux résultats, je me bornerai à en rapporter une seule. Le 18 janvier 1843, sur un lapin adulte, l'ablation d'un seul spinal détermina la raucité de la voix, qui fut abolie après l'extirpation des deux spinaux; si alors on pinçait fortement la queue de l'animal, il faisait entendre un sifflement expiratoire, clair et bref, successivement interrompu et entrecoupé par des inspirations bruyantes et rauques. Parfois l'expiration était aphone et on entendait seulement le raucus inspiratoire. Pendant le repos, l'animal respirait normalement et avait conservé toute sa vivacité; mais, si on le faisait courir, il paraissait assez vite essoufflé; la respiration s'accélérait, et on entendait quelquefois alors des inspirations bruyantes Lorsque l'animal mangeait, la déglutition était sensiblement gênée. Si dans ce moment on forçait le lapin à se mouvoir, il produisait une sorte de toux rauque, comme si des corps étrangers passaient dans les voies respiratoires.

Les jours suivants, les mêmes phénomènes persistèrent; l'animal au repos ne paraissait pas souffrant et respirait librement; quand on le laissait manger tranquillement, la déglutition, quoique un peu gênée, s'opérait assez facilement; mais quand le lapin était subitement dérangé, on voyait constamment apparaître les troubles respiratoires momentanés déjà indiqués plus haut.

Le 29 janvier (11e jour de l'experience) l'animal fut sacrifié.

Autopsie : Les deux spinaux étaient détruits en totalité. Les poumons exempts d'ecchymoses et d'altérations dans la plus grande partie de leur étendue, présentaient un peu de rougeur et d'hépatisation dans leurs lobes supérieurs. Le tissu pulmonaire incisé dans ce point offrait une coupe comme marbrée par des portions vertes qui n'étaient autre chose que de l'herbe mâchée renfermée dans les tubes bronchiques. La coloration très-verte de l'herbe contenue dans les grosses bronches indiquait que l'introduction en était assez récente, tandis que celle située dans les petites bronches était déjà en partie décolorée, et y séjournait évidemment depuis plusieurs jours. L'estomac, qui était sain, contenait une grande quantité d'aliments.

Le nombre de lapins à qui j'ai extirpé les deux spinaux est très-considérable. Ils vivent très-bien après cette opération, excepté dans les cas où il se forme des pneumonies par suite de l'introduction de l'herbe dans les bronches.

DISCUSSION ET CONCLUSION DES EXPÉRIENCES PRÉCÉDENTES.

Cette première série d'expériences prouve que les modifications fonctionnelles qui surviennent après l'ablation complète des deux spinaux portent spécialement sur les organes vocaux et respiratoires. Nous constatons, en outre, que ces phénomènes se manifestent spécialement dans les fonctions de relation. En effet :

1° *Chez l'animal agissant,* il y a aphonie, une certaine gêne de la déglutition, la brièveté de l'expiration quand l'animal veut crier, l'essoufflement dans les grands mouvements ou les efforts, et parfois irrégularité dans la démarche, etc.

2° *Chez l'animal en repos,* toutes les fonctions organiques, respiratoires, digestives, circulatoires, s'accomplissent au contraire avec la plus grande régularité, et il serait impossible de s'aper-

cevoir, sous ce rapport, que les animaux sont privés d'une influence nerveuse quelconque.

Il faut remarquer aussi que l'ensemble de ces phénomènes, qui caractérise la paralysie des nerfs spinaux, se distingue par une foule de points de la paralysie qui suit la section des deux nerfs vagues. On pourra encore mieux saisir cette différence dans le tableau comparatif suivant :

Phénomènes propres à la paralysie des deux spinaux.	*Phénomènes propres à la paralysie des deux nerfs vagues.*
1° La voix est abolie;	1° La voix est abolie; [1]
2° La respiration n'est pas troublée, le nombre des respirations n'est pas changé;	2° La respiration est modifiée, et le nombre des inspirations est constamment diminué;
3° Le nombre des battements de cœur et des pulsations artérielles restent les mêmes;	3° Les battements du cœur sont considérablement accélérés, et le nombre des pulsations artérielles est considérablement augmenté;
4° La digestion stomacale n'est pas dérangée, et les sécrétions gastriques s'accomplissent bien;	4° La digestion stomacale est profondément troublée, ainsi que les sécrétions gastriques;
5° La survie des animaux est constante et indéfinie.	5° La mort des animaux est constante et arrive en général au plus tard après 3 ou 4 jours [1].

Il résulte de la comparaison précédente qu'il n'y a qu'un seul caractère qui soit commun à la paralysie des spinaux et à celle des pneumo-gastriques, c'est l'aphonie ou l'abolition de la voix. En analysant actuellement le mécanisme de cette aphonie, nous voyons qu'il est essentiellement différent dans la paralysie des spinaux ou dans celle des nerfs vagues.

(*a*) DE L'APHONIE OU ABOLITION DE LA VOIX APRÈS L'ABLATION DES DEUX SPINAUX.

Ce phénomène est indubitablement la conséquence d'une paralysie survenue dans les mouvements du larynx. Mais un fait fort

[1] En disant que la mort est *constante* après la section simultanée des deux vagues, je ne veux pas nier les exemples très-rares de survie des animaux, dont j'ai vu moi-même un exemple.

singulier, qui devra d'abord fixer notre attention, c'est que la paralysie du larynx qui suit l'ablation des spinaux est totalement différente de celle qu'on produit ordinairement par la section des pneumo-gastriques ou des nerfs laryngés.

En effet, sur un chat aphone, auquel j'avais extirpé les spinaux depuis quinze jours, j'ai mis la glotte à nu en incisant verticalement la membrane thyro-hyoïdienne, de manière à ménager les nerfs laryngés. Puis ayant saisi l'épiglotte par cette ouverture à l'aide de pinces-érignes, j'attirai l'ouverture supérieure du larynx en avant, et voici ce que j'observai :

La glotte, *dilatée dans toute son étendue,* permettait un passage libre à l'entrée et à la sortie de l'air. La muqueuse laryngienne avait conservé toute sa sensibilité, et quand on venait à toucher avec un stylet l'intérieur du larynx ou bien les cordes vocales elles-mêmes, les lèvres de la glotte se rapprochaient légèrement; mais ce mouvement de resserrement était excessivement borné, et ne déterminait plus *la tension et le rapprochement complet des cordes vocales.* Alors, si l'animal, tourmenté par la douleur, voulait former des cris, il chassait brusquement l'air de son poumon; mais les cordes vocales, n'étant pas tendues et ne se joignant pas, ne pouvaient être mises en vibration. La colonne d'air produisait seulement, en passant, le souffle assez rude qui avait remplacé la voix chez cet animal, depuis que les spinaux avaient été détruits. L'expiration vocale (aphone) était en général peu prolongée et entrecoupée par des mouvements inspiratoires brusques, qui produisaient parfois une sorte de ronflement.

Sur les lapins, j'ai observé des phénomènes semblables dans le larynx, c'est-à-dire que j'ai constaté, après l'ablation des spinaux que chez ces animaux comme chez les chats, la glotte, qui avait conservé toute sa sensibilité, restait dilatée, et avait perdu la faculté de s'occlure complétement [1].

[1] Seulement les lapins présentent souvent après l'ablation des spinaux une paralysie très-complète des muscles crico-thyroïdiens, ce qui permet aux cartilages de s'écarter et à la membrane crico-thyroïdienne de faire saillie à l'intérieur du larynx; cela donne alors à l'inspiration un caractère très-bruyant.

Quand on coupe les nerfs pneumo-gastriques ou leurs rameaux laryngés, la chose se passe tout différemment dans le larynx. La voix se trouve abolie, il est vrai, mais tout le monde sait qu'il y a en même temps une *occlusion* de la glotte qui occasionne une gêne plus ou moins grande de la respiration, suivant l'âge des animaux. De sorte que nous devons établir dès à présent comme fait démontré :

1° Qu'après l'ablation des spinaux, l'aphonie coexiste avec une dilatation persistante de la glotte et avec une impossibilité de rapprochement des cordes vocales ;

2° Qu'au contraire, après la section des pneumo-gastriques ou des nerfs laryngés, l'aphonie coexiste avec une occlusion et une immobilité persistante de la glotte, avec impossibilité d'écartement des cordes vocales.

L'expérience suivante, faite sur un animal adulte, nous rendra encore ces faits plus palpables.

Si l'on attire l'ouverture supérieure du larynx en dehors sur un chat vivant, en évitant la lésion des nerfs laryngés, on verra d'abord les mouvements de resserrement et de dilatation de la glotte se succéder rapidement dans les efforts que fait l'animal pour crier et se débattre ; mais, si l'on attend quelques instants, l'animal se calme peu à peu, et finit par respirer tranquillement. Alors la glotte respiratoire reste dans une dilatation pour ainsi dire permanente, et les mouvements de resserrement et d'écartement excessivement bornés, qui s'accomplissent dans l'inspiration et l'expiration, sont à peine appréciables [1].

Vient-on, dans ce moment, à pincer fortement l'animal ou à piquer la muqueuse laryngienne, aussitôt le larynx change de rôle, et devient le siége de phénomènes nouveaux. Les deux cordes vocales tendues subitement se rapprochent au contact ; une expiration puissante et prolongée vient les faire vibrer, et des cris perçants se font entendre.

[1] Comme ceux qui se remarquent dans les narines des animaux lorsque la respiration est calme.

Si, après avoir constaté ces faits, on arrache le spinal d'un côté, on verra la moitié de la glotte correspondante rester écartée, et à peu près immobile ; tandis que celle du côté opposé continue à se mouvoir et à se rapprocher de la ligne médiane. Lorsque l'animal veut crier, la colonne d'air, expulsée des poumons, franchissant l'ouverture de la glotte à moitié fermée, et circonscrite d'un côté par une corde vocale tendue, et de l'autre par une corde vocale relâchée, ne produit plus qu'un son âpre ou rauque au lieu d'un timbre clair particulier à la voix du chat.

Si l'on extirpe l'autre spinal, l'ouverture glottique exécute bien encore des légers mouvements de resserrement comme ceux que nous avons notés dans la respiration calme, mais elle a perdu la faculté de s'occlure complétement. Malgré ses tentatives pour former ces cris que lui commande la douleur, l'animal ne peut plus tendre ou rapprocher au contact ses cordes vocales flasques et séparées, et il ne produit qu'un souffle expiratoire très-bref. Il y a alors aphonie complète, et les mouvements vocaux sont éteints; la respiration continue pourtant à s'exercer par la glotte dans toute sa plénitude.

Veut-on se convaincre que c'est bien le pneumo-gastrique qui maintient les lèvres de la glotte dans l'écartement où on les voit, et lui communique les mouvements légers dont nous avons parlé, il suffira de diviser les nerfs récurrents, et aussitôt l'ouverture du larynx, devenue complétement immobile, se trouvera rétrécie. Les cordes vocales, comme des soupapes flottantes, s'accoleront mécaniquement dans l'inspiration sous la pression de l'air extérieur, qui tend à pénétrer dans le larynx, et seront soulevées par la colonne d'air expiré. Il en résulte alors une gêne de la respiration, analogue pour son mécanisme à celle qu'on observe dans l'œdème de la glotte.

Ainsi, cette expérience démontre clairement que l'ablation des nerfs spinaux paralyse partiellement le larynx en tant qu'organe vocal, mais le laisse intact en tant qu'organe de respiration. En effet la glotte béante et dilatée ne peut plus se resserrer pour produire la

voix, mais elle laisse très-librement les mouvements respiratoires s'accomplir.

Les expériences suivantes donneront la même démonstration d'une autre manière, qui sera encore plus saisissante.

Destruction comparative des nerfs laryngés et des nerfs spinaux sur de très-jeunes animaux. — Il était important de faire une expérience sur de très-jeunes animaux, et voici pourquoi :

Nous savons que la section des nerfs laryngés inférieurs paralyse tous les muscles du larynx [1], et détermine l'abolition de la voix et l'occlusion de la glotte. Cette dernière circonstance devrait produire constamment la mort par suffocation.

Toutefois, chez les vieux animaux, il n'en est pas ainsi, parce que, chez eux, il reste en arrière, dans l'espace inter-aryténoïdien, une ouverture béante qui permet encore l'entrée et la sortie de l'air des voies respiratoires, malgré la paralysie complète du larynx.

Mais chez les jeunes animaux, une semblable disposition n'existant pas, la paralysie complète qui suit la section des nerfs récurrents amène immédiatement la mort par suffocation[2].

Dès lors on conçoit que, grâce à cette particularité, nos expériences ne laisseront aucun doute, parce que si l'ablation des spinaux détermine, chez ces jeunes animaux, l'aphonie sans produire la suffocation mortelle, il sera naturel de conclure que la destruction de ces nerfs a paralysé le larynx comme organe vocal, mais lui a permis de continuer ses fonctions comme organe de respiration.

Première expérience. — J'ai opéré la section des laryngés inférieurs sur un petit chat de trois semaines; après la section du

[1] Excepté le crico-thyroïdien. Nous négligeons ce muscle pour la commodité de l'expérience. On sait, en effet, que les crico-thyroïdiens, étant simplement des tenseurs des cordes vocales, ne changent rien aux phénomènes qui surviennent après la section des laryngés inférieurs.

[2] Ces faits, observés d'abord par Legallois, puis par MM. Magendie, Flourens, etc. sont tellement connus, que je n'ai fait que les rappeler pour aider à l'intelligence du but de mes expériences.

récurrent droit, la voix est devenue rauque et la respiration gênée. Après la section des deux récurrents, le chat est mort subitement par suffocation.

Deuxième expérience. — J'ai enlevé les deux spinaux sur un autre petit chat de la même portée que le précédent par comparaison avec l'expérience précédente.

Aussitôt après, l'animal est devenu aphone, mais la respiration et la circulation sont demeurées aussi libres qu'avant. (La dilatation de la glotte persistait donc encore, et la respiration se faisait après l'ablation des spinaux seuls.)

Le 19 mai, douzième jour, ce petit chat a été sacrifié, et l'autopsie a prouvé que les spinaux étaient bien complétement détruits.

Troisième expérience. — Le 3 juin 1843, sur un autre jeune chat âgé de cinq semaines environ, j'ai extirpé les deux spinaux; aussitôt la voix a été abolie, mais les autres fonctions, sous l'influence du pneumo-gastrique, ont continué à s'exercer librement.

Le 5 juin, deux jours après, sur le même animal, qui était aphone, mais, du reste, bien portant, j'ai excisé les deux nerfs laryngés inférieurs. *Bientôt le chat est mort suffoqué*, preuve que le larynx, paralysé seulement comme organe vocal par l'extirpation des spinaux, fut, de plus, paralysé comme organe de respiration deux jours après lorsque je fis la section des nerfs laryngés.

Toutes les expériences rapportées dans les chapitres précédents me semblent conduire péremptoirement à cette conclusion; qu'il y a dans le larynx deux ordres de mouvements, les uns qui président à la phonation, et qu'on paralyse en détruisant les nerfs spinaux; les autres qui sont relatifs à la respiration, et qu'on paralyse en coupant les nerfs pneumo-gastriques ou leurs branches laryngées. De sorte que nous admettrons que le pneumo-gastrique possède une puissance motrice propre et indépendante du nerf spinal. C'est cette puissance motrice propre au pneumo-gastrique qui influence les organes circulatoires, digestifs et respiratoires,

et permet à ces appareils d'accomplir leurs fonctions organiques, et aux animaux de survivre quand la voix a été abolie par l'ablation complète des deux spinaux. C'est encore cette puissance motrice, provenant du pneumo-gastrique, qui fait fonctionner le larynx comme organe respiratoire involontaire sur les très-jeunes animaux, et les empêche de suffoquer lors de l'ablation des spinaux, comme cela a lieu après la section des nerfs laryngés.

Toutefois, si nous prouvons physiologiquement que les mouvements vocaux du larynx sont animés par les filets des nerfs spinaux, tandis que les mouvements respiratoires sont influencés par des filets moteurs, distincts des premiers, et venant des pneumogastriques, nous devons néanmoins reconnaître qu'anatomiquement il n'est pas possible de poursuivre et d'isoler ces deux ordres de filets nerveux. Chez l'homme et chez la plupart des mammifères, avant leur arrivée dans le larynx, ils se mélangent dans le tronc du vague, et ils sont unis et confondus dans les nerfs laryngés; le nerf laryngé inférieur se trouve donc composé, comme la physiologie le démontre, par des filets du vague et du spinal, qui apportent au larynx la double influence motrice dont il a besoin pour l'accomplissement de ses fonctions respiratoires, qui sont involontaires et permanentes, et de ses fonctions vocales, qui sont temporaires et volontaires.

Il faut ajouter que, cependant, chez certains animaux, la double distribution nerveuse, dont nous venons de parler pour le larynx, se trouve anatomiquement distincte. Ainsi, chez le chimpanzé, Vrolik a montré que la branche interne du spinal ne s'unit pas au tronc du vague, mais va directement se distribuer dans le larynx. De sorte que chez cet animal il y a des filets laryngés isolés arrivant directement du spinal.

En résumé, nous formulerons notre conclusion générale de la manière suivante :

« Quoique dans le larynx, la respiration et la phonation semblent anatomiquement confondues, parce qu'elles s'accomplissent dans un même appareil, ces deux fonctions n'en demeurent pas moins

physiologiquement indépendantes, parce qu'elles s'exercent sous « des influences nerveuses essentiellement distinctes. »

Mais quel est donc le mécanisme de l'abolition de la voix après la destruction des spinaux? En se rappelant quelles sont les conditions physiologiques de la phonation, on comprend que la voix ne puisse plus s'effectuer après les modifications que la destruction des spinaux apporte dans le larynx. En effet, il est nécessaire, pour produire le son vocal, qu'il y ait une occlusion active de la glotte, c'est-à-dire tension et rapprochement des cordes vocales. Or nous avons vu, par nos expériences, que, chez les animaux qui n'ont plus de spinaux, les cordes vocales sont détendues et écartées sans pouvoir désormais se rapprocher activement. Il est naturel, dès lors, que la colonne d'air expulsée par la trachée ne produise plus de vibrations sonores, et que sa sortie se fasse par la glotte béante en donnant lieu à un simple souffle expiratoire; mais la question qui se présente ici est de savoir si, de même que nous avons été conduit à reconnaître pour le larynx une influence nerveuse, motrice, vocale, volontaire, provenant du spinal, et une influence motrice involontaire, émanant du pneumo-gastrique, nous pouvons et nous devons admettre dans le larynx un ordre de muscles vocaux et un ordre de muscles respiratoires.

Évidemment non, ce serait une distinction inutile d'abord, et ensuite insoutenable.

En effet, si nous réfléchissons un instant, nous verrons que la dilatation permanente de la glotte, qui suit l'ablation des spinaux, nous donne bien plutôt la raison de la persistance des phénomènes respiratoires qu'elle ne nous explique le mécanisme de l'aphonie. Il serait impossible d'inférer de nos expériences que le spinal abolit la voix en paralysant les muscles constricteurs du larynx, car nous serions obligé de supposer que les muscles constricteurs du larynx sont exclusivement vocaux, tandis que les dilatateurs seraient uniquement respirateurs. Une semblable distinction serait inadmissible, car nous verrons plus loin que la glotte peut s'occlure sans

produire pour cela la phonation. Du reste, cette dilatation glottique, qui suit l'ablation des spinaux, sans laquelle on ne peut comprendre la persistance de la respiration, n'est pas un phénomène qui soit nécessairement lié à l'abolition de la voix; nous voyons que, chez les animaux auxquels on excise les nerfs laryngés, l'aphonie existe avec des conditions diamétralement opposées, c'est-à-dire avec son occlusion.

Nous ne pouvons donc pas trouver dans l'appareil moteur laryngien deux ordres de muscles correspondant aux deux ordres de nerfs moteurs que nous avons démontrés dans cet organe. Nous sommes forcé d'admettre que tous les muscles du larynx sont indivisibles dans leur action, et nous devons les considérer comme formant dans leur ensemble un système moteur unique, qui peut, cependant, réaliser deux fonctions distinctes, parce que les deux influences nerveuses qui l'animent sont séparées dans leur origine, et conséquemment indépendantes dans la transmission de leur influence.

De sorte qu'après l'ablation des spinaux ce n'est pas la paralysie de tels ou tels muscles laryngiens spéciaux à la phonation qu'il faut chercher, c'est la perte d'une des influences nerveuses de l'appareil moteur laryngien qu'il faut constater.

Nous ferons encore remarquer que cette diversité fonctionnelle d'un même muscle ou d'un même ensemble de muscles en rapport avec la pluralité des influences nerveuses motrices qui s'y rendent, n'est pas un fait isolé qui soit particulier seulement à l'appareil musculaire du larynx; c'est un moyen dont la nature se sert souvent pour harmoniser les fonctions entre elles, et pour économiser, en quelque sorte, les organes moteurs; et, sans sortir de notre sujet, nous voyons que ce fait domine l'histoire physiologique tout entière du nerf spinal. En effet, chacun sait qu'en se ramifiant dans les muscles sterno-mastoïdiens et trapèzes, ce nerf anime des muscles déjà influencés par des filets moteurs provenant du plexus cervical. Chacun sait aussi, et nous le démontrerons plus loin, que ces deux ordres de nerfs sont en rapport

avec deux ordres de mouvements spéciaux[1]. Eh bien, pour le larynx il ne se passe pas autre chose : le spinal apporte aux muscles du larynx une faculté motrice distincte de celle que le pneumo-gastrique leur donne; et, par ce moyen, les muscles laryngiens peuvent se prêter à deux fonctions distinctes. Sous ce rapport, le larynx est donc bien, ainsi que nous l'avons déjà dit, un organe physiologiquement double, et l'anatomie comparée appuie cette manière de voir. Chez les oiseaux, on voit le larynx *vocal* séparé anatomiquement du larynx *respiratoire*.

En résumé, chez les mammifères (et animaux à larynx unique) l'appareil musculaire laryngien est un appareil vocal quand le nerf spinal l'excite, et il est seulement un appareil respiratoire quand le pneumo-gastrique seul l'influence. Après l'ablation des spinaux la voix est abolie, mais le larynx n'en continue pas moins son rôle d'organe respirateur, parce que ses muscles obéissent toujours à l'excitation incessante du pneumo-gastrique. La glotte, maintenue béante, reste identiquement dans les mêmes conditions d'activité où elle se trouve chez un animal sain qui ne fait que respirer; mais, pour ainsi dire, dédoublé et réduit à cette seule fonction, le larynx est condamné au repos absolu en tant qu'organe vocal, parce qu'il a perdu les filets nerveux qui appropriaient la glotte à la phonation. Après la section des nerfs laryngés, les deux influences nerveuses sont détruites à la fois; le larynx est alors paralysé complétement, c'est-à-dire frappé de mort dans l'accomplissement de ces deux fonctions; la glotte, encore entr'ouverte comme chez un animal mort, ne peut plus servir ni à la phonation ni à la respiration[2].

En se plaçant à un point de vue différent de celui que nous venons d'exposer, et tout en admettant les faits produits dans ce

[1] Nous verrons plus loin que les rameaux du spinal, qui animent le pharynx, font rentrer cet organe dans la même loi physiologique.

[2] La mort par suffocation ou par gêne de la respiration est la conséquence normale de cette double paralysie fonctionnelle du larynx. Et si, chez les vieux animaux, la grande rigidité des cartilages arythénoïdes, s'opposant à leur affaissement sous la pression de l'air inspiré, permet parfois à la respiration de s'exécuter encore, c'est un phénomène passif qui explique seule-

Mémoire, qui ne sauraient être récusés, puisque ce sont des résultats d'expériences, on pourrait repousser l'interprétation que j'ai donnée et soutenir que, dans le larynx, l'influence motrice vocale n'est pas distincte, comme je l'avance, de l'influence motrice respiratoire, et que les résultats que j'ai obtenus ne proviennent pas de la suppression d'une influence nerveuse spéciale, mais qu'ils sont simplement une conséquence d'une diminution d'intensité dans la puissance motrice du larynx. En effet, dira-t-on, le larynx reçoit dans l'état normal une certaine proportion de filets moteurs, et, conséquemment, une certaine dose de puissance motrice sans destination spéciale, mais qui, par sa seule quantité, sera capable de produire à la fois et les mouvements respiratoires qui exigent moins d'énergie nerveuse, et les mouvements vocaux qui exigent au contraire une plus grande énergie musculaire et nerveuse. Or quand on enlève les nerfs spinaux, continuera-t-on, on détruit une grande proportion des filets nerveux moteurs du larynx, et par suite on lui enlève une grande partie de sa puissance motrice, qui alors, devenue trop faible, est incapable de produire les mouvements énergiques que réclame l'acte de la phonation, bien qu'elle puisse encore permettre quelques mouvements respiratoires qui exigent une dépense motrice moins considérable.

Cette théorie qui a été émise est d'abord basée sur une hypothèse toute gratuite, la supposition qu'il faut plus de puissance motrice pour la voix que pour la respiration; elle est ensuite inadmissible. En effet, je demanderai à ceux qui la soutiennent d'expliquer ce fait que j'ai découvert et qui a été depuis constaté par d'autres physiologistes, à savoir que lorsqu'on détruit les spinaux, le larynx est paralysé avec dilatation sans pouvoir s'occlure, tandis que par la section des vagues ou des laryngés, le larynx est paralysé avec occlusion sans plus pouvoir se dilater. Il est évident

ment ces cas exceptionnels; car cet écartement dû à la solidification des cartilages par les progrès de l'âge ne dépend en aucune façon de l'activité musculaire du larynx, et ne mérite conséquemment pas plus le nom de glotte que ne le mériterait l'orifice d'une canule adaptée à la trachée d'un animal qui suffoque.

que ces deux états opposés ne peuvent être les degrés d'une même paralysie ; si cela était, en effet, l'ablation des spinaux devrait amener un commencement d'occlusion de la glotte, qui serait ensuite complétée par la section des pneumo-gastriques ou des nerfs laryngés.

En admettant là deux influences nerveuses, et par conséquent deux causes différentes de paralysie, je crois être mieux d'accord avec les faits. Dans le larynx, le spinal est nerf moteur vocal, et le pneumo-gastrique nerf moteur respiratoire. La proximité d'origine de ces nerfs ne prouverait rien contre cette différence fonctionnelle dévolue à chacun d'eux. Les belles expériences de M. Flourens n'ont-elles pas démontré que les filets originaires du pneumo-gastrique seuls viennent prendre naissance dans cet espace très-limité et très-important de la moelle allongée auquel il a dû donner le nom de *point* premier moteur des mouvements respiratoires[1] ? Je persiste donc dans mon opinion, en concluant :

« Que lorsqu'un organe reçoit des nerfs de plusieurs sources, « ce n'est pas pour y accumuler la force nerveuse, mais pour lui « apporter des influences nerveuses différentes. »

(*b*) GÊNE DE LA DÉGLUTITION.

Chez un animal sain, nous savons qu'au moment où le pharynx reçoit le bol alimentaire, il y a réaction des muscles constricteurs pharyngiens qui le poussent vers l'œsophage ; mais nous savons aussi qu'il y a simultanément abaissement de l'épiglotte et occlusion plus ou moins complète de l'ouverture glottique. De sorte que, dans la déglutition normale, il se passe deux actions musculaires distinctes, l'une qui dirige les aliments dans les voies digestives, l'autre qui ferme le larynx et prévient leur entrée dans les organes respiratoires.

Les fonctions toutes mécaniques de l'épiglotte ne suffisent pas

[1] Flourens, *Recherches expérimentales sur les propriétés et les fonctions du système nerveux dans les animaux vertébrés*, p. 196, 1842.

pour opérer cette occlusion indispensable de l'ouverture laryngienne. Beaucoup d'expériences ainsi qu'une foule de cas pathologiques s'accordent à prouver que l'épiglotte peut être détruite sans gêner sensiblement la déglutition des aliments solides; d'où il résulte que c'est principalement le déplacement du larynx et son resserrement, plutôt que la soupape épiglottique, qui s'opposent à l'entrée des particules alimentaires dans les voies respiratoires.

Nous devons rappeler que c'est par l'*action des muscles pharyngiens* que l'ouverture supérieure du larynx se trouve fermée et la respiration suspendue pendant que la déglutition s'opère. Les expériences sont positives à cet égard; elles démontrent, en effet, que cette constriction de la glotte qui accompagne la déglutition est indépendante des muscles du larynx, puisque, sur les animaux (chiens) auxquels on a excisé tous les nerfs laryngés et l'épiglotte, cette occlusion peut encore s'opérer et prévenir le passage des aliments par la glotte.

Conséquemment aux faits que nous venons de citer, nous admettrons qu'il faut, pour l'accomplissement régulier de la déglutition, que les muscles pharyngiens aient une double action, l'une qui a pour effet de pousser les aliments dans l'œsophage, et de mettre en activité les voies de déglutition; l'autre qui a pour but de fermer le larynx et d'arrêter le jeu des voies respiratoires, afin d'empêcher le conflit perturbateur de ces deux fonctions.

En enlevant les spinaux, le pharynx ne perd qu'un seul ordre de mouvements, celui qui est relatif à l'occlusion du larynx. En effet, nous avons vu que chez nos animaux, la déglutition proprement dite n'était point abolie. Le bol alimentaire, poussé par les muscles constricteurs vers l'œsophage, descendait encore dans l'estomac; mais le larynx ne pouvant plus se resserrer, nous avons la raison du passage des aliments dans la trachée, et nous comprenons dès lors, avec facilité, comment ce phénomène survient principalement lorsqu'on irrite les animaux, et quand on provoque chez eux des mouvements d'inspiration au moment où la

déglutition s'effectue[1]. On peut facilement faire cesser cette complication si, comme nous l'avons fait, on déplace artificiellement l'entrée des voies respiratoires en adaptant une canule à la trachée, et en mettant une ligature au-dessus.

Or l'anatomie nous apprend que le pharynx reçoit des nerfs de plusieurs sources, et que le spinal lui envoie un rameau très-évident (rameau pharyngien). La physiologie nous indique que pendant la déglutition le pharynx accomplit deux actes : l'un qui ouvre en quelque sorte l'œsophage, l'autre qui ferme le larynx.

Nos expériences nous démontrent qu'après l'ablation des spinaux, les muscles pharyngiens ont perdu la faculté d'occlure le larynx, et ont conservé celle de pousser le bol alimentaire dans l'œsophage.

Comme conclusion rigoureuse, il s'ensuit que les deux actions du pharynx s'exercent sous des influences nerveuses motrices distinctes, et que les mouvements d'occlusion glottique s'opèrent exclusivement par l'influence du rameau pharyngien du spinal.

Maintenant, pour formuler d'une manière générale le rôle physiologique de toute la branche interne du spinal sur le pharynx et sur le larynx, il suffit de rappeler qu'après l'ablation de ces nerfs, les voies respiratoires laryngiennes restent toujours ouvertes, et ne peuvent plus se resserrer ni s'occlure lors de la phonation ou de la déglutition, et nous dirons :

Qu'en agissant sur les muscles laryngiens, la branche interne du spinal a pour effet de resserrer la glotte, de tendre les cordes vocales, de rendre l'expiration sonore, et de changer momentanément les fonctions respiratoires du larynx pour en faire un organe exclusivement vocal;

[1] Nous avons trouvé cette gêne de la déglutition plus marquée chez les lapins que chez les chats. Ceci s'explique quand on réfléchit que les lapins triturent l'herbe et la réduisent en un bol alimentaire, dont les particules ténues ont peu de cohésion entre elles, tandis que les chats, incisant simplement avec les dents la viande dont ils se nourrissent, avalent un bol alimentaire dont les particules restent unies, et sont moins susceptibles de se dissocier pour entrer dans l'ouverture béante du larynx. Chez les lapins, la quantité d'herbe mâchée qui passe dans les bronches est quelquefois considérable, et cette circonstance peut amener au bout de peu de jours une gêne de la respiration et une pneumonie qui fait périr les animaux

Qu'en agissant sur les muscles laryngiens, la branche interne du spinal a pour but de fermer l'ouverture supérieure du larynx, et d'intercepter temporairement le passage de l'air par le pharynx, pour approprier cet organe exclusivement à la déglutition.

Mais si nous réfléchissons que, dans toutes ces circonstances, la branche interne du spinal agit uniquement comme constricteur momentané du larynx, nous resterons convaincus que le but final de l'influence nerveuse des spinaux est toujours le même, celui de former un antagonisme temporaire à la fonction respiratoire, afin de permettre aux organes qui sont placés sur les voies de la respiration d'accomplir des fonctions étrangères à ce phénomène.

En effet, pour que le pharynx exécute sa fonction de déglutition, il faut que sa fonction relative à la respiration (conducteur béant de l'air qui arrive aux poumons) soit abolie. Pour que le larynx exécute sa fonction vocale, il faut que sa fonction d'organe respiratoire (conducteur qui laisse arriver l'air aux poumons) soit momentanément arrêtée. Dans tous ces actes différents, ce sont les mêmes organes qui fonctionnent. Mais les mêmes appareils musculaires qui, sous une excitation nerveuse donnée, s'approprient à la respiration, peuvent, par le moyen d'une autre influence nerveuse, agir en sens contraire, et diriger leur activité sur une autre fonction qui éteint ou remplace temporairement la première.

Or, pour le pharynx et le larynx, c'est la branche interne du spinal qui apporte cette dernière influence nerveuse antagoniste à la première (respiration).

Ainsi doit être compris le rôle fonctionnel double du pharynx et du larynx, ainsi se trouvent expliquées l'abolition de la voix et la gêne de la déglutition, qui ne sont que la conséquence de la persistance des phénomènes respiratoires dans le larynx et dans le pharynx.

Il nous reste encore à examiner la *brièveté de l'expiration*, l'*essoufflement* et l'*irrégularité dans la démarche de certains animaux*. Avant d'étudier les causes de ce dernier ordre de phénomènes,

nous allons voir, par les expériences, qu'il faut les rapporter à la branche externe du spinal, et nous constaterons que ces différents troubles dépendent d'un défaut de réaction du spinal sur les agents inspirateurs du thorax, réaction sur l'appareil thoracique qui est toujours congénère de celle exercée sur l'appareil laryngien par la branche interne du même nerf.

§ 4. USAGE DE LA BRANCHE EXTERNE DU SPINAL [1].

Première expérience. — Sur un chien encore jeune et bien portant, j'ai disséqué avec soin la branche externe du spinal, et je l'ai divisée des deux côtés le plus près possible de son émergence par le trou déchiré postérieur, en ayant soin de ne pas intéresser les filets du plexus cervical qui vont au sterno-mastoïdien. L'animal rendu en liberté, voici ce qu'on remarqua :

Rien n'était changé dans l'allure de l'animal quand il restait au repos. La *déglutition* n'avait pas subi la moindre atteinte. La *voix* avait conservé son timbre clair et normal, mais les cris étaient en général plus brefs, et ils étaient souvent entrecoupés par des inspirations, surtout quand on irritait le chien. L'animal semblait être, en un mot, dans les conditions de quelqu'un qui a *la respiration courte*. Aussi devenait-il assez promptement essoufflé quand on le faisait courir; et c'est alors seulement, quand la respiration était devenue accélérée, qu'on remarquait quelques *troubles dans les mouvements des membres antérieurs*. L'animal fut sacrifié le même jour à d'autres expériences.

Deuxième expérience. — Les branches externes des spinaux ayant été seules arrachées sur un chat adulte, la *déglutition* resta parfaitement libre. Les miaulements spontanés avec leur timbre ordinaire étaient devenus *plus brefs;* ceux qu'on lui arra-

[1] Les résultats qui vont suivre ayant déjà été observés à la suite de l'ablation totale des nerfs spinaux, nous ne ferons que les indiquer succinctement dans nos expériences nouvelles. Nous ferons seulement remarquer que les phénomènes dont il s'agit sont plus prononcés après la destruction totale des nerfs spinaux qu'après la section isolée de la branche externe.

chait par la douleur étaient assez prolongés, mais ils devenaient en quelque sorte saccadés, et suivaient dans leur succession les nécessités du mouvement expiratoire. Il fut difficile de constater de l'irrégularité dans les mouvements des membres; seulement l'animal, naturellement très-sauvage, s'agitait moins dans sa cage. Ce chat fut encore conservé pendant deux jours, et n'offrit plus rien de particulier

Troisième expérience. — Sur un cheval, la branche externe du nerf spinal droit (nerf trachélo-dorsal) fut excisée avant sa division en rameaux musculaires. En faisant marcher l'animal après, on constata un désaccord évident des mouvements du membre thoracique droit avec ceux du côté gauche, d'où résultait une sorte de claudication particulière.

Ainsi, comme l'anatomie aurait pu déjà nous le faire prévoir, la branche externe du spinal n'agit pas sur la formation du son vocal, ni sur la déglutition ; mais elle exerce son influence sur le système des mouvements respiratoires du thorax. Or ces mouvements sont dans une liaison fonctionnelle nécessaire avec la *phonation*, l'*effort*, la *course*, etc.

(*a*) BRIEVETÉ DE L'EXPIRATION VOCALE.

Réfléchissons d'abord à ce qui se passe dans le chant ou dans la phonation en général. Il s'opère premièrement une constriction spéciale de la glotte qui fait vibrer l'air expiré et produit le son vocal. (Nous savons que c'est une portion de la branche interne qui préside à cette fonction ; nous n'y reviendrons pas.) Mais la voix n'est pas constituée seulement par une expiration sonore ; le son vocal ou chant a une durée, une intensité, des modulations, une forme, enfin, qui est subordonnée à des conditions nouvelles survenues dans le mécanisme de l'expiration thoracique. Les forces expiratoires du thorax ne s'appliquent plus alors uniquement à débarrasser avec promptitude le poumon de l'air qu'il contient ; elles agissent même en sens contraire : elles retiennent l'air pen-

dant un certain temps; car les organes pulmonaires, en tant qu'organes respirateurs, s'arrêtent pour remplir momentanément le rôle de porte-vent dans l'appareil vocal.

L'expiration simple *respiratoire*, et l'expiration complexe *vocale*, en raison de leur but différent, ne se ressemblent donc pas du tout. Il suffit, pour s'en rendre compte, de s'observer soi-même un instant. Si, étant debout et ne prenant aucun point d'appui sur les objets environnants, on respire tranquillement, voici ce qu'on remarque : l'inspiration et l'expiration se succèdent régulièrement et ont à peu près la même durée, ou, si l'une était plus courte, ce serait l'expiration. Les muscles sterno-mastoïdiens et trapèzes ne se contractent pas visiblement alors, bien qu'il y ait un léger mouvement d'élévation et d'abaissement de l'épaule qui correspondc à l'élévation et à l'abaissement des côtes. Maintenant si on veut changer les rapports de durée qui existent entre l'inspiration et l'expiration, on verra que ce n'est qu'avec la plus grande gêne qu'on parvient à étendre les limites de l'expiration respiratoire ordinaire.

Mais si l'on vient à parler, ou surtout à chanter, la condition précédente s'obtient avec la plus grande facilité, parce que l'expiration a subitement changé son mécanisme pour devenir vocale. Voici ce qui arrive alors : le thorax étant rempli d'air, et au moment où la fonction vocale du larynx va commencer, les muscles sterno-mastoïdiens et trapèzes se contractent, saisissent en quelque sorte l'épaule et le sternum, les maintiennent élevés, et suspendent leur abaissement ainsi que celui des côtes, pendant tout le temps que dure l'émission sonore; la preuve, c'est que, aussitôt que le chant cesse, l'expiration s'accomplit et les épaules tombent sur le thorax. Durant le chant, l'expulsion de l'air se fait cependant; mais, au lieu de se produire par l'abaissement brusque de l'épaule et des côtes comme dans l'expiration respiratoire, elle s'opère tantôt par un abaissement lent et graduel du thorax (dans les sons graves), tantôt par les muscles abdominaux (dans les sons aigus).

Cette contraction des muscles sterno-mastoïdiens et trapèzes, qui a pour but de suspendre l'inspiration pour permettre ainsi au thorax d'adapter la colonne d'air expirée aux modulations de la voix, cette contraction, dis-je, est d'autant plus marquée, que l'action des muscles laryngiens devient plus énergique. C'est le cas des chanteurs, qui font effort pour produire les sons les plus variés; tout le monde sait combien le larynx et les muscles sterno-mastoïdiens et trapèzes acquièrent de développement à cet exercice.

Maintenant, pour en revenir à nos animaux, il nous sera facile d'interpréter toutes les particularités qu'ils nous ont offertes du côté de la voix. Quand ils n'ont plus de spinaux, le thorax tout aussi bien que le larynx restent organes respiratoires, et ne peuvent plus se modifier pour la phonation. Lorsque les animaux veulent crier, ils se trompent, et n'exécutent que des mouvements respiratoires plus actifs. Quand la branche externe du spinal a été détruite seule, le larynx a conservé la faculté de produire le son, mais le souffle thoracique ne peut plus l'étendre ou le moduler : de là, brièveté de la voix, qui est entrecoupée et ne dépasse jamais en étendue la durée de l'expiration respiratoire ordinaire.

Ainsi, dans l'appareil vocal, il y a deux choses : 1° l'organe formateur du son (larynx); 2° le porte-vent (thorax). Mais ce que nos expériences démontrent, le voici : c'est que, au moment où le larynx est approprié à la phonation par la branche interne du spinal, en même temps le thorax, par l'influence de la branche externe, cesse momentanément d'appartenir à la respiration proprement dite, pour s'unir à l'appareil phonateur. Ces deux modifications du larynx et du thorax concourent donc au même but final, et elles doivent être liées, puisqu'elles proviennent de la même source nerveuse.

(*b*) DE L'ESSOUFFLEMENT DANS LES GRANDS MOUVEMENTS OU DANS L'EFFORT.

Les muscles sterno-mastoïdiens et trapèzes ne sont pas antagonistes des mouvements respiratoires thoraciques uniquement dans la phonation. Comme tels, ils agissent encore dans les autres cas où la respiration s'arrête pour permettre au thorax, devenu immobile, de servir de point fixe aux différents muscles de l'épaule ou de l'abdomen, etc.

Tous ces actes musculaires, qui demandent pour s'accomplir une suspension des phénomènes respiratoires, méritent le nom d'*effort*. Il peut se rencontrer deux cas distincts dans la production de ce phénomène. Quand l'effort est violent et durable (effort complet), il y a action simultanée ou synergie des branches interne et externe du spinal pour arrêter la respiration ; le larynx se ferme sous l'influence des muscles pharyngiens, et les muscles sterno-mastoïdiens et trapèzes se contractent vigoureusement pour s'opposer à l'expiration et maintenir le thorax plein et dilaté[1] : ainsi, dans les violents efforts abdominaux ou des membres, etc.

Si l'acte musculaire de l'effort est de courte durée, au contraire, et peu intense, le thorax n'a plus besoin d'une aussi grande fixité. Alors ce synchronisme d'action des deux branches du spinal n'est plus aussi nécessaire : ainsi, dans beaucoup d'efforts passagers qu'on exécute avec les membres supérieurs, l'action de la branche externe sur les muscles sterno-mastoïdiens et trapèzes maintient suffisamment le sternum fixe et l'épaule élevée, pour suspendre temporairement l'expiration thoracique, sans qu'il soit

[1] Nous n'avons pas l'intention de donner le mécanisme complet de l'effort : nous voulons seulement insister sur la part qu'y prennent l'appareil musculaire pharyngien et les muscles sterno-mastoïdiens et trapèzes, en tant qu'ils produisent l'arrêt de la respiration. Nous soutenons que l'action de ces muscles est le point de départ de toute espèce d'effort. S'opposant à l'expiration, ils représentent en quelque sorte l'obstacle à vaincre, et c'est contre eux que viennent réagir tous les autres actes musculaires qui agiraient sans cela pour produire l'expiration au lieu de servir à fixer le thorax.

nécessaire que le larynx se ferme hermétiquement. Ainsi, dans la déglutition, la branche interne du spinal suspend l'expiration glottique sans avoir besoin du concours des muscles qui agissent dans le même sens sur le thorax.

Nous plaçons la déglutition dans la catégorie des efforts passagers, parce que, ne pouvant s'effectuer sans arrêter la respiration, c'est toujours le mécanisme de l'effort, à la durée et à l'intensité près. En effet, l'effort devient très-évident et complet quand la déglutition se prolonge, comme chez les individus, par exemple, qui boivent à la régalade.

Ainsi, la première condition de l'effort, c'est l'arrêt de la respiration. Or, nos animaux, qui n'avaient plus de spinaux, ayant perdu la faculté d'arrêter leur respiration, ne pouvaient plus faire d'efforts : ils sont alors toujours trompés dans leur attente, parce que à mesure qu'ils veulent suspendre leur respiration, ils ne font que l'accélérer.

(c) IRRÉGULARITÉ DANS LA DÉMARCHE DES ANIMAUX.

Chez les animaux non claviculés, il se passe pendant la course une série d'actes musculaires qui nous semblent pouvoir rentrer dans la classe des efforts passagers. D'abord, si l'on examine chez ces animaux les insertions inférieures des muscles sterno-mastoïdiens et trapèzes, on voit que le trapèze s'insère à l'omoplate comme dans l'homme ; mais le sterno-mastoïdien se sépare en deux faisceaux musculaires bien isolés, dont l'un se fixe à la partie supérieure du sternum [1] et l'autre (portion claviculaire dans l'homme) va s'attacher à l'humérus. Tous ces muscles sont animés par la branche externe du spinal, et quand, la tête (ou la co-

[1] Dans le cheval, la portion sternale du sterno-mastoïdien forme un muscle bien séparé (sterno-maxillaire), s'insérant d'une part au sternum et de l'autre à l'angle de la mâchoire inférieure. Quand ce muscle prend son point fixe en haut, il peut agir sur le sternum ; mais quand il prend son point immobile inférieurement, nous reconnaissons, avec M. Rigot, qu'il peut agir pour ouvrir la mâchoire, ou, si celle-ci est fixée, pour abaisser la tête et produire le mouvement de rengorgement du cheval.

lonne cervicale à laquelle ils s'attachent aussi en haut) servant de point fixe, ces muscles viennent à se contracter ensemble, ils ont nécessairement pour effet de porter le sternum et l'épaule en haut et en avant, en même temps que le membre antérieur est soulevé du sol et attiré en avant. De cette manière, les parois thoraciques se trouvent dégagées pour l'inspiration lorsque le membre se porte en avant, et comme le sternum est fixé, l'expiration est suspendue jusqu'au moment où, la contraction de tous ces muscles cessant, l'épaule et le membre reviennent en arrière. Par ce mécanisme, il s'établit un rapport harmonique entre les mouvements du thorax et ceux du membre antérieur, ce qui permet à ces derniers de se succéder avec une grande rapidité dans la course, sans entre-choquer ou gêner les mouvements respiratoires.

On comprend, maintenant comment, chez les animaux auxquels nous avons enlevé les spinaux, cette harmonie n'existant plus, il se produisait par suite un essoufflement dès qu'on les forçait à courir. On remarque alors une irrégularité caractéristique dans la démarche de l'animal. Cette particularité est surtout très-évidente chez le cheval.

La forme *costo-inférieure* de la respiration, qui est normale chez les animaux non clavicules, ainsi que l'ont avancé MM. Beau et Maissiat, suffit pour assurer la régularité de la fonction respiratrice dans la progression ordinaire. C'est surtout lorsque, par l'effet de la course, les mouvements respiratoires tendent à prendre le type *costo-supérieur,* que l'harmonisation dont nous parlons devient plus nécessaire. Du reste, tous ces petits efforts successifs, qui tendraient à établir l'accord des mouvements respiratoires du thorax avec ceux du membre antérieur, chez les animaux sans clavicule, pouvant rentrer, comme nous l'avons dit, dans les efforts de très-courte durée, ne réclament pas l'occlusion du larynx. En effet, les chevaux cornards auxquels on a pratiqué la trachéotomie sont encore aptes à la course, et ce n'est que dans les grands efforts musculaires qu'ils se trouvent un peu gênés.

En résumé, après la destruction de la branche externe du spi-

nal, les muscles sterno-mastoïdiens et trapèzes ne peuvent plus arrêter les mouvements respiratoires thoraciques, et, partant, ils sont devenus inaptes à faire servir le thorax comme point fixe dans l'effort, et comme porte-vent dans la phonation.

Cependant ces muscles ne sont pas paralysés complétement; car si alors on les met à découvert, on voit qu'ils se contractent dans certains mouvements de la tête; et, ce qui est plus remarquable, c'est qu'ils agissent encore comme inspirateurs quand on vient à gêner mécaniquement la respiration. Une expérience va nous fixer sur ce fait. Si l'on prend un chien ou un chat, et qu'on mette à découvert les muscles sterno-mastoïdiens, voici ce qu'on observe : quand on comprime modérément la trachée de l'animal, les deux sterno-mastoïdiens se contractent pour soulever le sternum et produire l'inspiration; mais cette contraction est de très-courte durée, comme l'inspiration elle-même. Quand, cessant de comprimer la trachée, on fait crier l'animal, les deux sterno-mastoïdiens se contractent encore vigoureusement et maintiennent le thorax soulevé pendant toute la durée du cri. Mais si l'on vient à couper le spinal[1], du côté droit, par exemple, et à reproduire après cela les circonstances précédentes, on verra que, pendant le cri, le sterno-mastoïdien gauche seul se contracte, tandis que le droit reste flasque et inactif; que, pendant la respiration forcée, au contraire, les deux sterno-mastoïdiens se contractent également, et continuent d'agir comme inspirateurs.

Cette expérience prouve bien nettement que la *contraction vocale*, si l'on peut dire du sterno-mastoïdien, et sa *contraction respiratoire*, sont sous des influences nerveuses différentes. En effet, elles ont des buts bien distincts : dans un cas, c'est pour arrêter la respiration; dans l'autre, c'est pour l'aider ou la produire.

Là, nous retrouvons encore ce fait remarquable que nous avons déjà observé relativement aux muscles du larynx, savoir : qu'un

[1] Il est préférable de couper les origines de la branche externe dans le crâne pour ne pas tailler les sterno-mastoïdiens et être certain qu'on n'a pas lésé les filets du plexus cervical qui se rendent à ces muscles.

même muscle peut servir à deux actes physiologiques opposés suivant l'influence nerveuse qui l'anime. L'exemple du sterno-mastoïdien est même plus frappant que celui des muscles laryngiens parce que c'est un gros muscle, à insertions bien déterminées dont il semble qu'on peut d'avance bien préciser l'action. Et pour expliquer sa duplicité fonctionnelle, ce n'est pas dans un changement de point fixe qu'il faut la chercher : il reste toujours le même (c'est la tête); ce n'est pas non plus dans un mode spécial de raccourcissement de la fibre musculaire qui existerait dans un cas et non dans l'autre; ce serait une supposition absurde, puisque toutes les fibres musculaires ont la même direction. Mais d'où vient donc cette duplicité fonctionnelle? Elle vient simplement du *temps d'action* du muscle. Ainsi, quand le sterno-mastoïdien agit comme *inspirateur* (sous l'influence du plexus cervical), il se contracte et soulève le thorax jusqu'à ce que le poumon soit rempli d'air : alors la fonction est finie, il se relâche, et laisse agir les muscles expirateurs. Quand, au contraire, le sterno-mastoïdien agit dans la phonation (sous l'influence du spinal), il attend que le thorax soit plein d'air; alors il l'arrête dans cet état : la voix commence, et le muscle sterno-mastoïdien, s'opposant toujours aux autres muscles expirateurs, accompagne la voix tant qu'elle dure, et maintient de l'air dans le thorax pendant tout le temps que la voix en a besoin pour se produire : c'est une influence nerveuse qui succède à l'autre. Voilà l'explication de ce fait singulier, et ce que nous venons de dire peut s'appliquer aux muscles du larynx.

De tout cela, nous conclurons qu'à l'égal des appareils musculaires pharyngien et laryngien, les muscles sterno-mastoïdiens et trapèzes peuvent s'approprier à deux fonctions différentes, parce qu'ils obéissent à deux influences nerveuses distinctes :

1° Qu'ils agissent essentiellement comme inspirateur[1], quand ils reçoivent leur influence du plexus cervical;

2° Qu'ils arrêtent la respiration et forment un antagonisme

[1] Toutefois leur action n'est nécessaire que lorsque la respiration est difficile.

aux mouvements respiratoires du thorax, quand la branche externe du spinal les excite, et qu'ils sont alors congénères d'une action semblable exercée dans le larynx par la branche interne du même nerf.

Il y a donc, pour les actes fonctionnels où la respiration doit être arrêtée temporairement, deux antagonismes musculaires destinés à cet effet : l'un, qu'on pourrait appeler *intérieur*, qui agit toujours sur l'ouverture du larynx, et qui est régi par la branche interne du spinal; l'autre, qu'on pourrait appeler *extérieur*, qui agit sur le thorax, et qui se trouve régi par la branche externe du même nerf. On conçoit qu'il ne pouvait pas en être autrement, parce que le larynx et le thorax sont animés de mouvements respiratoires incessants; et si, par exemple, au moment où le thorax aurait été fixé pour servir de point d'appui dans l'effort, le larynx avait continué à fonctionner comme organe respiratoire, et *vice versa*, on sait le désordre et la désharmonie qui en seraient résultés : nos expériences nous l'ont démontré.

Ainsi, la constriction du larynx ne suffisait pas pour arrêter la respiration; à elle seule, elle ne pouvait s'opposer victorieusement aux mouvements expiratoires du thorax. Elle avait besoin d'un antagonisme extérieur, autrement dit, de l'action auxiliaire et indispensable de la branche externe du spinal. Cette dernière eût seulement pu devenir inutile, si le thorax, par un mécanisme quelconque, avait pu rester immobile. Ceci n'est pas une conjecture : l'anatomie comparée nous le prouve. Chez les oiseaux, la respiration se fait, comme on sait, tout autrement que chez les mammifères : ils n'ont pas de diaphragme[1], les poumons sont fixes, etc. mais ce qui est important à notre point de vue, c'est que leur thorax, à cause de sa structure osseuse, reste à peu près immobile. Il est ainsi toujours disposé à servir de point fixe aux organes musculaires qui s'y attachent, et il ne réagit pas non plus sur les poumons pour en expulser l'air. Aussi les oiseaux, comme nous l'avons

[1] Chez les mammifères, le nerf phrénique, qui tire son origine de la moelle cervicale, exerce son influence sur la diaphragme et agit de concert avec la branche externe du spinal.

déjà vu, n'ont-ils pas de branche externe du spinal; à quoi leur eût-elle servi, puisque la nature a suppléé à ses usages par d'autres moyens?

§ 5. THÉORIE DES FONCTIONS DU NERF SPINAL.

Nous savons maintenant que tous les troubles remarquables qui accompagnent la destruction des nerfs spinaux se concentrent uniquement sur la partie motrice ou dynamique de l'appareil respiratoire (mouvements laryngiens, mouvements thoraciques). Mais, avant de rapprocher dans notre esprit toutes ces expériences, afin d'en déduire quelques faits généraux, il importe de nous rappeler que les agents respirateurs (larynx, thorax) peuvent, à raison des deux ordres de nerfs moteurs qui les animent, se trouver, chez un animal sain, dans deux états fonctionnels bien distincts.

Tantôt, comme cela se voit chez un animal qui reste en repos ou qui est plongé dans le sommeil, une seule fonction organique s'accomplit; c'est la respiration : le larynx béant livre à l'air un passage facile dans les poumons; le thorax se dilate et se resserre alternativement; enfin l'inspiration et l'expiration, à peu près égales, s'exercent involontairement d'après un rhythme régulier que rien ne vient troubler. Tels sont les phénomènes de la *respiration simple*.

Dans un autre état, qui accompagne seulement la veille, et qui est appelé *état respiratoire complexe*, par opposition au précédent, il se manifeste d'autres phénomènes, qui, bien que se produisant toujours au moyen des agents respirateurs, sont cependant en dehors du but de la respiration. Tels sont la phonation, la déglutition, l'effort, etc.

Les agents respirateurs (larynx, thorax) ont donc un double but fonctionnel, et il serait vrai de dire que, dans le premier état de *respiration simple*, ces organes appartiennent exclusivement à la vie intérieure ou organique, tandis que, dans le second état, dit de *respiration complexe*, ils intervertissent provisoirement leur fonc-

tion respiratoire pour s'approprier à d'autres actes de la vie extérieure. Or, il ne faut pas oublier que c'est uniquement à ces organes que le nerf spinal va distribuer ses rameaux et porter son influence.

Maintenant, qu'est-ce que nos expériences nous apprennent? C'est que, dans l'état de repos, quand la respiration simple s'effectue, les nerfs spinaux n'ont aucun rôle à remplir; car, lorsque nos animaux sont calmes ou qu'ils dorment, on ne voit pas le moindre trouble dans leurs fonctions, et il serait tout à fait impossible de dire alors s'ils ont des spinaux, ou s'ils n'en ont pas.

Mais quand l'état opposé au repos arrive, et lorsque l'animal (sans spinaux) veut accomplir les différentes fonctions qui établissent des rapports entre lui et le monde extérieur, il se trouve arrêté dans tous les actes qui, pour s'opérer, réclament des modifications particulières dans les agents respirateurs. La volonté de l'animal se manifeste pourtant toujours, mais elle n'a plus de prise sur sa respiration pour l'arrêter, la modifier à son gré, et produire la *phonation*, l'*effort*, etc.

Le larynx et le thorax ne sont plus avertis en quelque sorte des actes de *la vie extérieure* qui se passent autour d'eux ou dans eux : ces organes, demeurés agents *de la respiration simple*, continuent perpétuellement, malgré l'animal, à exécuter cette fonction, et ils ne peuvent plus en remplir d'autre. Quand l'animal croit former un cri, il respire; quand il veut avaler, il respire en même temps; quand il cherche à faire un effort, il respire encore plus vite.

Ainsi, les agents actifs de la respiration (muscles qui agissent sur le larynx, muscles qui agissent sur le thorax) reçoivent donc deux ordres d'influence nerveuse motrice. Dans l'état de *respiration simple*, l'influence du spinal sur eux est nulle; ce nerf n'excite des mouvements qu'en vue des actes de la vie extérieure, et c'est lui qui préside à tous les changements qui surviennent dans la motilité du thorax et du larynx lors de la *respiration complexe*, tels que l'effort, la voix. Aussi, sous ce rapport, le nerf spinal doit-il être

considéré comme le nerf *vocal*, ou nerf des chanteurs par excellence; car sans lui toute modulation de son est devenue impossible.

§ 6. CONCLUSIONS GÉNÉRALES DU MÉMOIRE.

1° Il serait inexact de vouloir ramener les nerfs crâniens au même type que les nerfs rachidiens. Et pour le cas qui nous occupe, il est démontré par les faits que le pneumo-gastrique et le spinal ne sont pas dans les mêmes rapports anatomiques et physiologiques que les deux racines d'une paire de nerfs rachidiens.

2° Le nerf pneumo-gastrique est un nerf mixte qui régit les phénomènes organiques moteurs et sensitifs de trois grandes fonctions, savoir: la respiration, la circulation et la digestion.

3° Mais parmi ces fonctions il en est une, la respiration, qui participe à la vie volontaire ou de relation. Aussi elle a un nerf de plus, c'est le spinal.

4° Le spinal est donc un nerf moteur qui régit uniquement les mouvements du larynx et du thorax toutes les fois que ces organes doivent produire la phonation et être appropriés à des actes qui sont en dehors du but de la *respiration simple*.

Autrement dit, c'est un nerf de la vie de relation annexé à l'appareil respirateur, de même que les actions auxquelles il préside, la voix, etc. sont des phénomènes de la vie de relation annexés à la fonction respiratoire.

Conséquemment le spinal ne saurait être considéré comme un nerf respirateur ou *accessoire de la respiration;* il agit toujours en sens contraire, et il a constamment pour objet de suspendre l'accomplissement de cette fonction organique, en même temps qu'il adapte le larynx et le thorax aux phénomènes de la phonation, de l'effort, etc. Si l'on voulait donner à ce nerf un nom qui rappelât le mécanisme de son influence, il faudrait plutôt l'appeler nerf *antagoniste de la respiration*[1].

[1] Sans nous préoccuper de la bizarrerie d'origine du spinal, qui a tant inquiété les physio-

Avec de semblables usages, le spinal forme dans l'économie un nerf tout à fait exceptionnel, et cela n'a pas lieu de surprendre, puisqu'il appartient à une fonction (la respiration), elle-même exceptionnelle en ce que les organes moteurs qui l'accomplissent (larynx, thorax) peuvent tour à tour se prêter à la vie de relation ou rester dans la vie organique.

Nous avons vu qu'après la destruction des nerfs spinaux l'appareil respirateur redescend pour ainsi dire dans la vie organique, et que l'animal aphone n'a désormais pas plus de prise sur les mouvements de son larynx ou de son thorax qu'il n'en a sur ceux de son cœur ou de son estomac.

logistes et a donné matière à tant d'hypothèses, nous remarquerons seulement que le nerf spinal se compose de deux portions distinctes par leur terminaison et par leur origine : 1° La *branche interne*, qui naît de la moelle allongée, et va se distribuer au larynx et au pharynx, qui reçoivent déjà des nerfs prenant origine sur le même point de l'axe cérébro-rachidien (rameaux du pneumo-gastrique) ; 2° la *branche externe*, qui naît de la moelle cervicale et va se ramifier dans les muscles sterno-mastoïdiens et trapèzes, qui reçoivent des nerfs de la même source (rameaux du plexus cervical). Ces muscles, agissant principalement dans l'*effort*, se rencontrent proportionnellement développés chez les animaux qui sont plus aptes à ces sortes d'actes musculaires. Il est dès lors naturel que la branche nerveuse qui les anime dans ce cas suive le même développement. On sait, en effet, que chez le bœuf et le cheval, par exemple, les origines du nerf spinal sont très-étendues et descendent jusqu'à la région dorsale.

EXPLICATION DES PLANCHES.

PLANCHE I.

Fig. 1. Nerfs pneumo-gastrique et spinal chez l'homme. La pièce, vue en arrière, a été disséquée et disposée de manière à mettre en évidence les origines et les anastomoses de ces nerfs.

A, faisceau des origines du pneumo-gastrique; B, filets originaires de la grande portion médullaire du spinal qui vont ensuite former la branche externe de ce nerf, *r*. Ces filets originaires s'étendent depuis la 1re jusqu'à la 5e paire cervicale environ; B', filets originaires de la portion bulbaire du spinal qui vont ensuite constituer la branche interne de ce nerf, *k*; C, origine du glosso-pharyngien; D, troncs du facial et acoustique réunis, après leur origine (7e paire); E, nerf hypoglosse coupé; F, F, racines postérieures des paires nerveuses cervicales rachidiennes.

g, ganglion du glosso-pharyngien (ganglion d'Anderch); *h*, ganglion jugulaire du pneumo-gastrique; *i*, rameau auriculaire du pneumo-gastrique; *k*, branche interne du spinal; *l*, rameau pharyngien du pneumo-gastrique, provenant de la branche interne du spinal; *m*, nerf laryngé supérieur; *n*, nerf laryngé inférieur ou récurrent; *o*, tronc du nerf pneumo-gastrique coupé; *p*, ganglion cervical supérieur; *q*, ganglion cervical inférieur; *r*, branche externe du nerf spinal coupée; *s*, anastomose de Willis entre le pneumo-gastrique et la branche externe du nerf spinal; *t*, *calamus scriptorius*; *u*, *u*, coupe des pédoncules du cervelet; *v*, plancher du 4e ventricule; *x*, corde du tympan.

1, coupe du rocher; 2, coupe de la partie basilaire de l'occipital; 3, 3, vertèbres cervicales; 4, 4, dure-mère;

5, 5, artère vertébrale; 6, 6, artère carotide; 7, faisceau des muscles styliens coupés; 8, 9 et 10, muscles constricteurs du pharynx; 11, œsophage; 12, 1re vertèbre dorsale.

Fig. 2. Moelle allongée de l'homme représentée isolée et par sa face postérieure, dans le but de rendre plus apparents les modes d'origines et d'anastomoses des trois portions de la 8e paire. Les caractères de cette figure sont communs avec la fig. 1.

A, origine du pneumo-gastrique; B, portion médullaire du spinal allant constituer plus tard la branche externe de ce nerf; B′, portion bulbaire du spinal allant former la branche interne de ce nerf, *k*. Ces deux portions n'ont pas été disséquées et isolées comme elles le sont dans la fig. 1. C, origine du glosso-pharyngien; D, origine de la 7e paire (nerfs acoustique et facial réunis); E, nerf hypoglosse; F, 1re paire cervicale.

g, ganglion du glosso-pharyngien (ganglion d'Andersch); *h*, ganglion jugulaire du pneumo-gastrique; *i*, rameau auriculaire du pneumo-gastrique; *k*, branche interne du spinal accolée à la branche externe; *l*, *m*, deux divisions de la branche interne du spinal allant s'anastomoser avec le pneumo-gastrique (anastomose de Scarpa); *n*, artère cérébelleuse postérieure, séparant habituellement les filets originaires de la portion bulbaire du spinal, B′, de ceux du pneumo-gastrique, A; *o*, artère vertébrale; *r*, branche externe du spinal coupée; *s*, anastomose de Willis, entre le pneumo-gastrique et la branche externe du spinal; *u*, *u*, coupe des pédoncules du cervelet; *v*, plancher du 4e ventricule.

Fig. 3. Moelle allongée de l'homme vue par sa face antérieure, afin de montrer l'anastomose de Willis, entre le pneumo-gastrique et la branche externe du nerf spinal.

A, origine du pneumo-gastrique; B, branche externe du spinal; B′, branche interne du spinal; C, origine du nerf glosso-pharyngien; D, origine des nerfs facial et acoustique réunis (7e paire).

i, rameau auriculaire du nerf pneumo-gastrique; *l*, anas-

tomose de la branche interne du spinal avec le pneumo-gastrique (anastomose de Scarpa); *m*, *m*, corps olivaires; *n*, *n*, pyramides antérieures; *o*, moelle allongée; *s*, anastomose du nerf pneumo-gastrique avec la branche externe du spinal (anastomose de Willis).

Fig. 4. Moelle allongée avec les origines des nerfs de la 8e paire chez le chat. La pièce est vue par sa face latérale et postérieure. A, origine du pneumo-gastrique; B, portion médullaire du spinal; B′, portion bulbaire du spinal; C, glosso-pharyngien; D, *d*, nerf facial; E, nerf hypoglosse; F, 1re paire nerveuse cervicale; G, coupe des pédoncules du cerveau; *h*, ganglion jugulaire du pneumo-gastrique; *i*, *j*, branche auriculaire du pneumo-gastrique; *k*, branche interne du spinal; *l*, anastomose de la branche interne du spinal avec le pneumo-gastrique; *m*, rameau pharyngien du pneumo-gastrique; *n*, ganglion cervical du pneumo-gastrique; *p*, ganglion cervical supérieur; *q*, filets nerveux du pneumo-gastrique ne passant pas par le ganglion; *r*, branche externe du spinal; *s*, anastomose du pneumo-gastrique avec la branche externe du spinal (anastomose de Willis); *u*, section du pédoncule du cervelet; *v*, plancher du 4e ventricule; *x*, tubercules quadrijumeaux; *y*, origine des nerfs acoustiques; *z*, nerf pétreux.

Fig. 5. Moelle allongée avec les origines des nerfs de la 8e paire chez le lapin. La pièce est vue par sa face latérale et postérieure. A, origine du nerf pneumo-gastrique; B, portion médullaire du nerf spinal; B′, portion bulbaire du nerf spinal; C, nerf glosso-pharyngien; D, section des pédoncules du cerveau; *d*, nerf facial; E, nerf hypoglosse; G, nerf de la 5e paire; *h*, ganglion jugulaire du pneumo-gastrique; *i*, *j*, rameau auriculaire du pneumo-gastrique; *k*, branche interne du nerf spinal; *l*, anastomose de la branche interne du spinal avec le pneumo-gastrique; *m*, rameau pharyngien du pneumo-gastrique; *n*, ganglion cervical du pneumo-gastrique; *p*, *q*, tronc du pneumo-gastrique; *r*, branche externe

du spinal ; *u*, section de pédoncule du cervelet ; *v*, plancher du 4e ventricule ; *x*, tubercules quadrijumeaux ; *y*, origines des nerfs acoustiques ; *z*, nerf pétreux.

Fig. 6. Origine des nerfs pneumo-gastrique et spinal chez le coq.

A, origine du pneumo-gastrique et du spinal ; B, glosso-pharyngien ; C, nerf cervical ; *e*, *f*, cervelet ; *g*, cerveau ; *h*, moelle épinière ; *i*, muscles du cou ; *k*, trachée artère ; *l*, œsophage ; *m*, artère carotide ; *o*, tronc du pneumo-gastrique.

PLANCHE II.

Fig. 1. Tête de lapin ouverte par la partie latérale droite, dans le but de montrer l'origine des nerfs de la 8e paire dans leurs rapports avec les autres parties des centres nerveux.

Fig. 2. Moelle allongée de lapin, vue par sa face postérieure.

Fig. 3 et 4. Squelette de la partie postérieure et supérieure du crâne du lapin.

Fig. 5. Tête de chien ouverte par la partie latérale droite pour faire voir l'origine des nerfs de la 8e paire dans leurs rapports avec les autres parties des centres nerveux.

Fig. 6. Portion osseuse de la partie postérieure de la tête du chien.

Fig. 7, 8 et 9. Perforateurs.

MÉMOIRE

SUR

LES AMMONIAQUES COMPOSÉES,

PAR M. ADOLPHE WÜRTZ.

Les transformations qu'éprouvent les substances organiques lorsqu'on les soumet à l'action des différents réactifs ont été, depuis une vingtaine d'années, l'objet des travaux les plus nombreux et les plus importants. On peut dire que c'est à l'étude attentive de ces transformations que la chimie organique doit les progrès rapides qu'elle a accomplis depuis quelque temps. Parmi les réactions qui ont jeté le plus de lumière sur la constitution des combinaisons organiques, il faut citer particulièrement ces réactions si nombreuses et si bien étudiées qui sont connues sous le nom de phénomènes de substitution. En examinant avec attention les propriétés des combinaisons dans lesquelles un élément est venu se substituer à un autre élément, le chlore à l'hydrogène, par exemple, les chimistes ont été amenés à considérer les molécules organiques comme des groupes complexes dans lesquels les éléments sont étroitement unis et forment, pour ainsi dire, un seul faisceau. En effet, n'est-il pas démontré aujourd'hui que l'on ne retrouve pas dans les combinaisons organiques, pas même dans celles dans lesquelles on a introduit des éléments doués d'affinités puissantes, comme le chlore ou le brome, cette constitution binaire, cet antagonisme entre les éléments que l'on trouve dans les combinaisons salines de la chimie minérale? Ce qui ca-

ractérise les composés binaires et particulièrement les sels, c'est une certaine mobilité, une facilité de transposition des deux éléments ou des deux groupes qui se sont unis. On ne retrouve plus ces traits caractéristiques dans les molécules organiques, bien entendu en faisant abstraction des sels. Que l'on compare les propriétés de l'acide chloracétique à celles du chlorure de sodium, et l'on demeurera convaincu que ces deux substances contiennent le même élément, le chlore, dans deux modes de combinaison différents, et que la molécule organique d'acide chloracétique diffère bien, dans sa constitution, de la molécule binaire du chlorure de sodium à laquelle on a voulu la comparer.

Toutefois, si les molécules organiques doivent être considérées comme des groupes uniques, il est impossible d'admettre, d'un autre côté, que les éléments qui les composent y sont jetés pêle-mêle, sans ordre, sans arrangement et sans prédisposition. Tout ce que nous savons sur la manière dont les combinaisons organiques se dédoublent ou se transforment nous autorise à penser que dans un groupe composé, formé par des éléments nombreux, ces éléments n'ont pas tous, les uns à l'égard des autres, les mêmes rapports et les mêmes affinités, qu'en un mot ils sont arrangés, disposés d'une certaine manière, et que cet arrangement ne saurait être changé sans que la combinaison elle-même ne soit modifiée dans sa nature et dans ses propriétés.

Quand on étudie la constitution d'un composé organique, on arrive quelquefois à démêler au milieu d'un groupe complexe, formé d'éléments nombreux, un ou plusieurs groupes moléculaires plus simples, plus stables, dont on peut signaler l'origine, et souvent même provoquer et poursuivre le passage dans d'autres combinaisons. Parmi ces groupes moléculaires simples il faut citer ces hydrogènes carbonés dont une théorie célèbre admet l'existence dans les alcools et les éthers. Ces groupes alcooliques existent dans un très-grand nombre de composés, et se font remarquer par une certaine stabilité et par la facilité avec laquelle ils passent d'une combinaison dans une autre. Parmi leurs proprié-

tés les plus curieuses, il faut ranger celle de se substituer intégralement à des corps simples, à de l'hydrogène particulièrement, et de tenir, dans les nouveaux composés qui se forment ainsi, la place qu'occupaient d'abord les molécules simples.

Cette substitution de molécules simples par des groupes moléculaires est un fait digne d'attention et qui me paraît appelé à jeter une vive lumière sur la constitution d'un grand nombre de composés organiques. Quoi qu'on ait pu dire, découvrir cette constitution sera toujours un problème des plus importants à résoudre; ce sera toujours le premier pas dans cette voie féconde dans laquelle la science tend à entrer de plus en plus, et qui a pour but la formation artificielle des composés organiques.

En créant, à l'aide des composés minéraux les plus simples, les matières organiques que nous rencontrons dans les tissus des plantes, la nature emploie des procédés que les chimistes ne sont parvenus ni à imiter ni même à comprendre. Elle arrive à compliquer les molécules organiques avec une facilité dont témoigne la variété même des substances qu'elle sait créer. Comment ne se ferait-il pas que, dans certains cas, elle emploie pour procédé de complication précisément cette substitution de molécules simples par des groupes moléculaires composés?

Les considérations qui précèdent font voir toute l'importance que peut acquérir par la suite ce cas particulier de la théorie des substitutions. Si à l'aide des réactions dont il s'agit on parvenait un jour à compliquer les molécules organiques avec autant de facilité qu'on les décompose aujourd'hui, certes cette création artificielle de substances organiques placerait la science, au point de vue théorique, à un niveau bien élevé, et conduirait, à coup sûr, aux applications les plus heureuses.

Les résultats que je vais avoir l'honneur d'exposer à l'Académie se résument en quelque sorte dans la proposition suivante : Les groupes moléculaires composés C^2H^3, C^4H^5, $C^{10}H^{11}$, que l'on a désignés sous le nom de radicaux alcooliques, peuvent remplacer dans un composé une molécule d'hydrogène sans que les propriété-

tés fondamentales du composé soient modifiées par l'effet de cette substitution. Si l'on prend un des composés hydrogénés les plus simples, l'ammoniaque, on peut remplacer dans cet alcali volatil une molécule d'hydrogène par une molécule de méthyle C^2H^3 d'éthyle C^4H^5, d'amyle $C^{10}H^{11}$, et l'on obtient une série de composés qui ont une analogie frappante de propriétés avec l'ammoniaque elle-même. Ce sont des bases puissantes : je les désigne sous le nom de *méthylamine*, d'*éthylamine* et d'*amylamine*. Je les avais d'abord appelées *méthylamide* et *éthylamide*, pour mieux exprimer leur constitution, mais je crois devoir préférer les noms précédents, qui ont la même terminaison que ceux des autres alcalis organiques.

Ces bases, que je désignerai sous la dénomination générale d'*ammoniaques composées*, se forment dans des circonstances variées.

Je les ai obtenues d'abord par trois réactions différentes :

Par l'action de la potasse sur les éthers cyaniques;

Par l'action de la potasse sur les éthers cyanuriques;

Par l'action de la potasse sur les urées.

Quelques formules feront comprendre ces réactions d'une manière précise :

$$\underbrace{C^2AzO, HO}_{\text{Acide cyanique.}} + 2KO + 2HO = \underbrace{CO^2, KO}_{\text{Carbonate de potasse.}} + \underbrace{H^3Az.}_{\text{Ammoniaque.}}$$

$$\underbrace{C^2AzO, C^2H^3O}_{\text{Éther méthylcyanique.}} + 2KO + 2HO = 2CO^2, KO + \underbrace{C^2H^5Az.}_{\text{Méthylamine.}}$$

$$\underbrace{C^2AzO, C^4H^5O}_{\text{Éther cyanique.}} + 2KO + 2HO = 2CO^2, KO + \underbrace{C^4H^7Az.}_{\text{Éthylamine.}}$$

$$\underbrace{C^2AzO, C^{10}H^{11}O}_{\text{Éther amylcyanique.}} + 2KO + 2HO = 2CO^2, KO + \underbrace{C^{10}H^{13}Az.}_{\text{Amylamine.}}$$

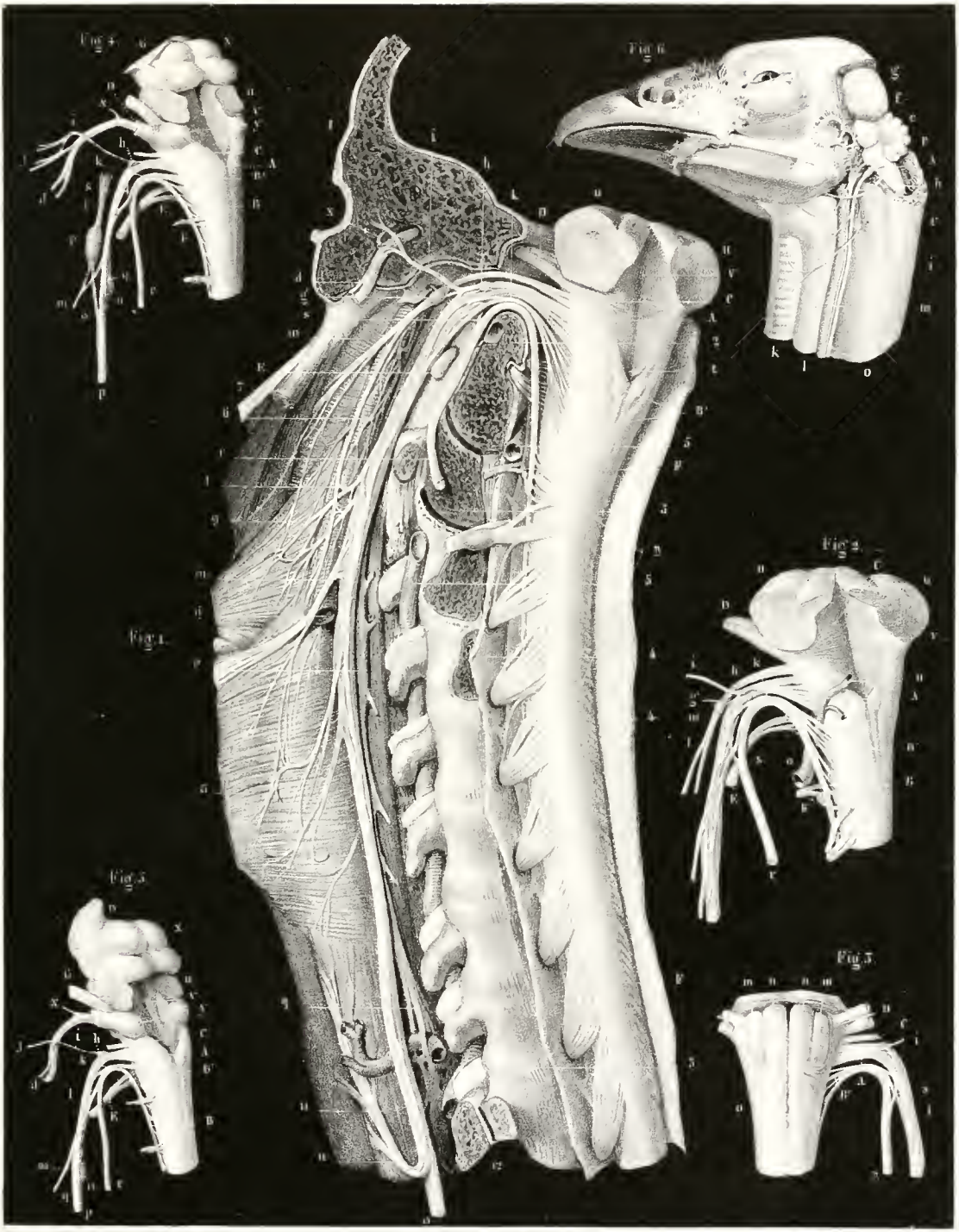


Fig. 1.
Fig. 2.
Fig. 3.
Fig. 4.
Fig. 5.
Fig. 6.

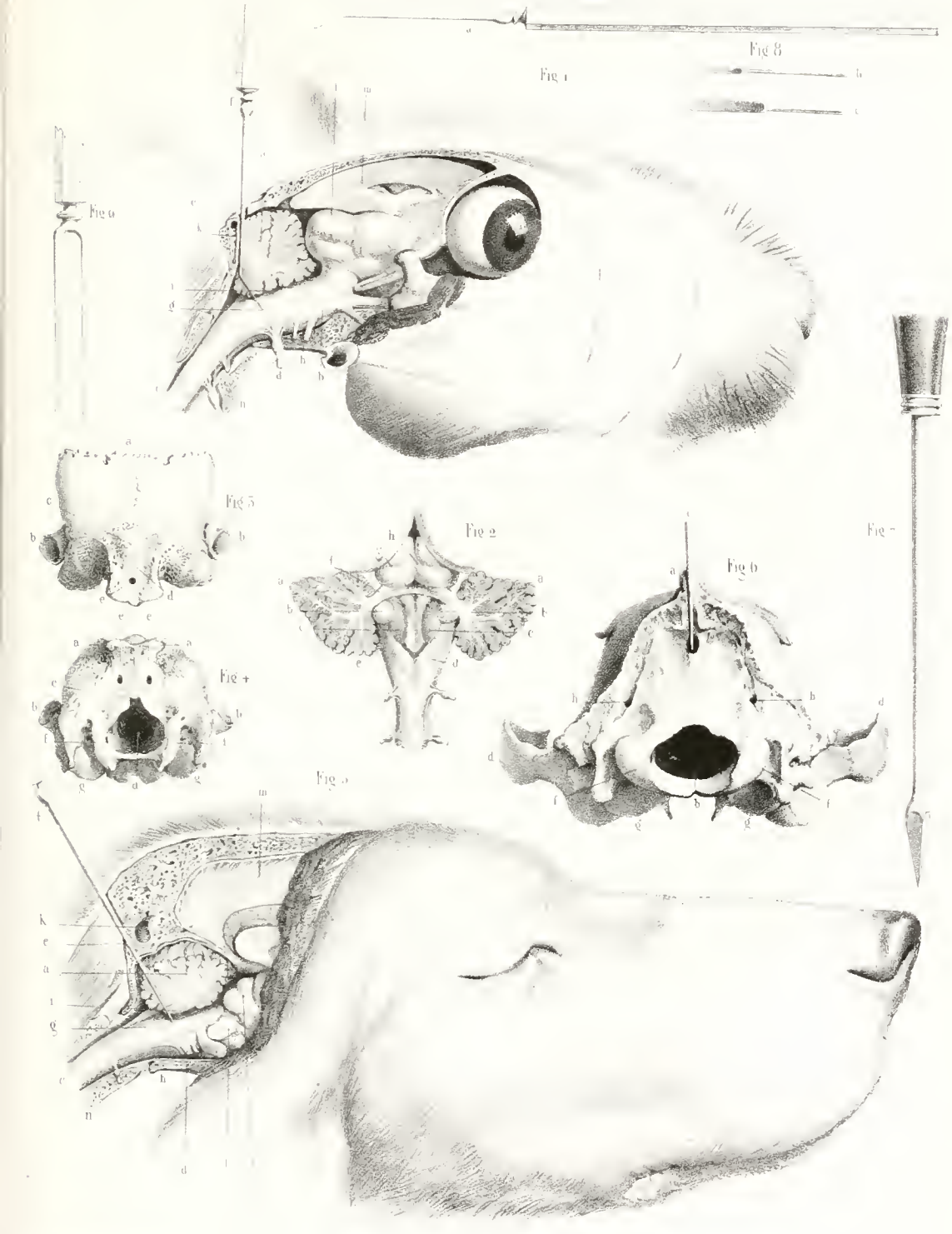


Fig 1
Fig 8
Fig 9
Fig 5
Fig 2
Fig 6
Fig 7
Fig 4
Fig 3

L'acide cyanurique et les éthers cyanuriques étant polymériques avec les composés cyaniques correspondants, il suffirait de multiplier les formules précédentes par 3 pour expliquer le second mode de formation des ammoniaques composées. Quant aux urées, voici comment elles donnent naissance à ces bases.

$$\underbrace{C^2\,H^4\,Az^2O^2}_{\text{Urée ordinaire.}} + 2\,KO + 2\,HO = \underbrace{2\,CO^2,KO}_{\text{Carbonate de potasse.}} + \underbrace{H^3\,Az}_{\text{Ammoniaque.}} + \underbrace{H^3\,Az}_{\text{Ammoniaque.}}$$

$$\underbrace{C^4\,H^6\,Az^2O^2}_{\text{Méthylurée.}} + 2\,KO + 2\,HO = 2\,CO^2,KO + H^3\,Az + \underbrace{C^2\,H^5\,Az}_{\text{Méthylamine.}}$$

$$\underbrace{C^6\,H^8\,Az^2O^2}_{\text{Éthylurée.}} + 2\,KO + 2\,HO = 2\,CO^2,KO + H^3\,Az + \underbrace{C^4\,H^7\,Az}_{\text{Éthylamine.}}$$

$$\underbrace{C^{12}\,H^{14}\,Az^2O^2}_{\text{Amylurée.}} + 2\,KO + 2\,HO = 2\,CO^2,KO + H^3\,Az + \underbrace{C^{10}\,H^{13}\,Az}_{\text{Amylamine.}}$$

M. Hofmann vient de découvrir un mode de formation extrêmement intéressant de ces bases. Il les obtient en faisant réagir l'ammoniaque sur les éthers bromhydriques et iodhydriques. L'équation rend compte de cette réaction, qui, entre les mains de M. Hofmann, a été si féconde en résultats importants.

$$\underbrace{C^4\,H^5\,Br}_{\text{Éther bromhydrique.}} + Az\,H^3 = \underbrace{H\,Br,\ C^4\,H^7\,Az}_{\text{Bromhydrate d'éthylamine.}}$$

Les ammoniaques composées se forment encore, dans d'autres circonstances, comme, par exemple, dans la distillation sèche des substances azotées. Il y a plusieurs années déjà, M. Anderson a isolé de l'huile animale une base très-volatile qu'il avait nommée *pétinine* et dont il avait représenté la composition par la formule $C^8\,H^{10}\,Az$. M. Gerhardt a fait voir que les analyses de M. Anderson s'accordent tout aussi bien avec la formule $C^8\,H^{11}\,Az$, d'après

laquelle la pétinine vient se ranger au nombre des ammoniaques. C'est la butylamine ou l'ammoniaque butyrique. Enfin on a signalé la formation des ammoniaques composées dans différentes réactions auxquelles on peut soumettre les alcalis organiques naturels. C'est ainsi que M. Rochleder a obtenu la méthylamine en traitant la caféine par le chlore, et que moi-même j'ai obtenu cette base en distillant la caféine avec la potasse caustique. Dans un travail tout récent, M. Wertheim a signalé la formation des ammoniaques composées dans la distillation de la morphine et de la narcotine avec la potasse. Il a même obtenu, en distillant cette dernière base avec la potasse, l'ammoniaque correspondant à l'acide métacétique ou propionique, et qu'il convient d'appeler propylamine. Nul doute que les chimistes ne découvrent d'autres modes de formation de ces alcaloïdes, que leur grande analogie avec l'ammoniaque a fait souvent confondre avec cette base[1].

PRÉPARATION ET PROPRIÉTÉS DE LA MÉTHYLAMINE.

Le procédé à l'aide duquel j'ai obtenu cette base ne diffère pas de celui que les chimistes emploient pour préparer l'ammoniaque. Le chlorhydrate de méthylamine, parfaitement desséché, est mélangé avec deux fois son poids de chaux vive, et le mélange est introduit dans un long tube fermé par un bout, de manière qu'il en occupe la moitié. L'autre moitié étant remplie avec des fragments de potasse caustique, on adapte un tube de dégagement qui va se rendre sous une éprouvette remplie de mercure. On chauffe légèrement le tube en commençant par le bout fermé. Le gaz méthyliaque, déplacé par la chaux, se dégage en abondance et va se rendre dans l'éprouvette remplie de mercure. La disposition de l'appareil fort simple que je viens de décrire permet de régler très-facilement le dégagement du gaz, qui n'est jamais

[1] C'est ainsi que je m'exprimais dans la première note, dans laquelle j'ai d'abord fait connaître l'existence des ammoniaques composées. (*Comptes rendus*, t. XXVIII, p. 223; 11 février 1849.)

mêlé de beaucoup d'air, le tube se trouvant presque entièrement rempli par le mélange.

Ainsi préparée, la méthylamine est un gaz non permanent. A quelques degrés au-dessous de 0, elle se condense en un liquide fort mobile, qui ne se solidifie pas dans un mélange d'acide carbonique solide et d'éther.

Dans l'air très-humide le gaz méthyliaque forme un léger brouillard en condensant de la vapeur d'eau.

Son odeur est fortement ammoniacale. Quelquefois, lorsqu'il n'est pas tout à fait pur, on distingue à côté de cette odeur si forte celle qui se dégage de la marée un peu avancée et particulièrement du homard.

Sa densité de vapeur a été déterminée au laboratoire de M. Regnault par M. Izarn, à l'aide d'un procédé dont on trouvera la description plus loin. Prise à 43°, elle est égale à 1,08. La densité théorique est de 1,0731 pour 4 volumes.

Le gaz méthyliaque est le plus soluble de tous les gaz que l'on connaît jusqu'à présent. A la température de 12°,5 0gr, 650 d'eau pesés dans une petite ampoule et introduits dans le gaz en ont dissous 750 centimètres cubes. D'après cette expérience un volume d'eau dissoudrait 1153,9 ou, en nombres ronds, 1150 volumes de gaz méthyliaque, à la température de 12°,5. Dans une autre expérience qui avait été faite sur un gaz moins pur, j'avais trouvé qu'un volume d'eau ne prenait que 1040 volumes de gaz. Une température plus élevée diminue cette solubilité, comme on devait s'y attendre. A 25°, l'eau n'en prend plus que 959 fois son volume.

Le gaz méthyliaque est fortement alcalin. Comme l'ammoniaque, il bleuit instantanément le papier de tournesol rougi et répand des fumées blanches très-épaisses au contact d'une baguette imprégnée d'acide chlorhydrique. Il absorbe un volume égal au sien de gaz chlorhydrique et se condense avec lui sous la forme d'un sel blanc et solide qui s'attache, comme le sel ammoniac, aux parois de l'éprouvette, mais qui tombe en déliques-

cence, dès qu'il a le contact de l'air humide. Le gaz méthyliaque se condense, avec la moitié de son volume d'acide carbonique sec, en un corps blanc et solide, analogue au carbonate d'ammoniaque anhydre.

Il se distingue de l'ammoniaque par la propriété suivante : au contact d'une bougie allumée il prend feu, et brûle avec une flamme jaunâtre, livide comme celle de toutes les substances combustibles qui renferment de l'azote. En brûlant, il donne naissance à de l'eau, de l'acide carbonique et de l'azote. Lorsque la combustion est incomplète, ces gaz sont mélangés avec une petite quantité de cyanogène ou d'acide prussique.

La composition du gaz méthyliaque se représente par la formule :

$$C^2H^5Az = 4 \text{ vol.}$$

Je me suis servi, pour en faire l'analyse, de trois méthodes différentes, qui m'ont fourni des résultats concordants : la première consiste à brûler le gaz dans l'eudiomètre avec un excès d'oxygène. Pour que la combustion soit complète il est bon de mélanger le gaz à analyser avec trois fois son volume d'oxygène sec et d'ajouter au mélange, d'après le conseil de M. Regnault, une certaine quantité de gaz de la pile parfaitement desséché. En employant le procédé précédent j'ai obtenu, en me servant d'un eudiomètre ordinaire, des résultats qui conduisent à la formule précédente, mais qui sont loin de présenter le degré de précision que l'on obtient si facilement avec l'instrument de M. Regnault.

On voit en effet que 4 volumes de gaz méthyliaque absorbent, pour brûler complétement, 9 volumes d'oxygène et produisent 4 volumes d'acide carbonique, comme le font voir, d'une manière approchée, les chiffres suivants :

	I.	II.
Gaz méthyliaque	23,3	26,5
Oxygène	67,7	71,0
Résidu de la combustion	49,0	51,8
Acide carbonique	23,2	26,0
Azote	12,5	14,5
Oxygène absorbé	54,4	59,7

Une méthode d'analyse élégante et rapide consiste à chauffer le gaz avec du potassium dans une cloche courbe. Il se forme du cyanure de potassium, et il se dégage de l'hydrogène pur.

Cette réaction est représentée par la formule suivante :

$$C^2H^5Az + K = C^2AzK + H^2.$$

Voici quelques-uns des résultats que j'ai obtenus à l'aide de ce procédé.

	I.	II.
Gaz employé.....	37,5	31,5
Hydrogène.....	99,5	81,5
34 p. de cet hydrogène brûlés avec de l'oxygène en ont absorbé 17 p.		44,8 de cet hydrogène brûlés avec de l'oxygène en ont absorbé 21,7 p.

Pour corroborer les résultats obtenus à l'aide de ces deux méthodes, j'ai fait dissoudre une certaine quantité de gaz méthyliaque dans l'eau, j'ai saturé la dissolution par l'acide chlorhydrique, et j'ai précipité le chlorhydrate par le chlorure de platine; j'ai obtenu ainsi un sel double de méthylamine et de platine, dont l'analyse a donné des résultats s'accordant parfaitement bien avec la formule[1]

$$C^2H^5Az.$$

Il me reste à indiquer quelques-unes des propriétés de la solution de méthylamine.

Cette solution possède l'odeur forte du gaz lui-même. Sa saveur est caustique et brûlante au plus haut degré. Lorsqu'on la fait bouillir, elle perd le gaz qu'elle tient en dissolution.

Elle réagit sur un grand nombre de dissolutions métalliques comme le fait l'ammoniaque elle-même. Elle en précipite les oxydes, et quelquefois un excès de réactif redissout le précipité.

Les sels de magnésie, de manganèse, de fer, de bismuth, de chrome, d'urane, d'étain, sont précipités par la méthylamine comme par l'ammoniaque.

[1] Voyez à la page 792.

Les sels de zinc sont d'abord précipités en blanc, et le précipité disparaît dans un grand excès de réactif.

Les sels de cuivre sont précipités en blanc bleuâtre, et un excès de réactif redissout facilement le précipité de manière à former une liqueur d'un bleu foncé analogue à l'eau céleste.

Les sels de cadmium sont précipités par la dissolution de méthylamine en blanc, mais le précipité ne se redissout pas dans un excès de réactif. On sait que le précipité que forme l'ammoniaque dans les sels de cadmium se dissout très-facilement lorsqu'on ajoute cette base en excès.

Les sels de nickel et de cobalt se comportent comme les sels de cadmium. Les oxydes précipités sont *insolubles* dans un excès de méthylamine.

L'acétate de plomb est à peine troublé par ce réactif, tandis que le nitrate de plomb est précipité complétement. Les sels de protoxyde de mercure sont précipités en noir par la méthylamine comme par l'ammoniaque. Le sublimé corrosif donne un précipité blanc, floconneux, insoluble dans un excès de réactif.

Le nitrate d'argent est précipité complétement par la méthylamine; l'oxyde d'argent précipité, soit par cet alcaloïde, soit par la potasse, se dissout facilement dans un excès de méthylamine. Lorsqu'on abandonne cette solution à l'évaporation spontanée, il s'en précipite un corps noir renfermant du carbone, de l'hydrogène, de l'azote et de l'argent, et qui est probablement le composé correspondant à l'argent fulminant. Toutefois cette substance ne fait explosion ni par le choc ni par l'action de la chaleur.

Le chlorure d'argent lui-même se dissout dans la solution de méthylamine.

Le chlorure d'or est précipité en jaune brunâtre par cette base; un excès de réactif dissout très-facilement le précipité en formant une liqueur d'un rouge orangé.

Une solution concentrée de chlorure de platine donne avec la méthylamine un dépôt cristallisé en paillettes jaunes orangées et formé par du chlorhydrate double de méthylamine et de platine.

Pour peu que la dissolution du sel platinique soit un peu étendue, ce dépôt ne se forme pas.

Avant de passer à la description des sels de méthylamine, je vais indiquer quelques réactions dans lesquelles cette base se décompose.

J'ai déjà parlé de l'action du potassium sur ce gaz, qui donne naissance finalement à de l'hydrogène et du cyanure de potassium. En suivant cette réaction avec attention, il est facile de s'apercevoir qu'elle se décompose en deux phases. Au commencement de la réaction, lorsque la chaleur est modérée, le volume du gaz n'augmente pas, et le résidu renferme probablement un composé analogue à l'amidure de potassium.

$$C^2\,(H^3\,K)\,Az \text{ ou } Az \left\{ \begin{matrix} C^2\,H^3. \\ H. \\ K. \end{matrix} \right.$$

Lorsque la température s'élève, ce composé intermédiaire, que je n'ai pas étudié, et dont je puis seulement soupçonner l'existence, doit se décomposer en hydrogène et en cyanure de potassium : c'est alors que le volume du gaz augmente de manière à atteindre les proportions indiquées par la formule suivante :

$$\underbrace{C^2\,H^5\,Az}_{\substack{4 \\ \text{volumes.}}} + K = C^2\,Az\,K + \underbrace{H^6}_{\substack{10 \\ \text{volumes.}}}.$$

ACTION DE LA CHALEUR SUR LA MÉTHYLAMINE.

Pour étudier la manière dont le gaz méthyliaque se comporte sous l'influence d'une haute température, j'ai dirigé ce gaz sec et pur à travers un tube de porcelaine long, étroit, rempli de fragments de porcelaine et chauffé au rouge. Au sortir de ce tube, le gaz était dirigé à travers un appareil rempli d'eau destinée à le laver, et était recueilli ensuite dans des cloches remplies de mercure. On a eu soin de laisser perdre une quantité de gaz plus que suffisante pour déplacer tout l'air qui était contenu dans l'appareil au

commencement de l'expérience. L'eau de lavage était alcaline à la fin de l'expérience; elle renfermait du *cyanhydrate d'ammoniaque*. Malgré cette réaction alcaline, le gaz dégageait une odeur prussique très-manifeste, et renfermait, comme l'analyse l'a démontré, environ 20 o/o de vapeurs d'acide prussique.

Voici les résultats que m'a fournis l'analyse de ce mélange gazeux faite dans l'eudiomètre de M. Regnault.

Volume sur lequel on a opéré 708,86 :

Vapeur prussique	97,65
Hydrogène	503,89
Hydrogène protocarboné	101,87
	703,41

ce qui donne en centièmes :

Vapeur prussique	13,77
Hydrogène	71,08
Hydrogène protocarboné	14,37
	99,22

La formule suivante rend compte de cette décomposition :

$$3\,C^2\,H^5\,Az = C^2\,Az\,H,\,Az\,H^3 + C^2\,Az\,H + H^6 + C^2\,H^4.$$

ACTION DU CHLORE ET DU BROME SUR LA MÉTHYLAMINE.

Le chlore décompose la solution de méthylamine en donnant naissance à du chlorhydrate de méthylamine et des gouttelettes d'un liquide huileux probablement l'analogue de l'éthylamine bichlorée [1].

Le brome réagit de la même manière : il se forme du bromhydrate de méthylamine[2], et un composé bromé, soluble en partie dans le liquide aqueux chargé du bromhydrate de méthylamine.

ACTION DE L'IODE SUR LA MÉTHYLAMINE.

L'iode réagit instantanément sur la solution de méthylamine en se transformant en une poudre d'un rouge grenat. La liqueur,

[1] Voyez à la page 809.

[2] Voyez son analyse à la page 793.

qui se colore à peine lorsqu'on évite d'employer un excès d'iode, renferme de l'*iodhydrate de méthylamine*. Le composé rouge et insoluble qui se forme dans cette réaction est la *méthylamine biiodée*. Sa composition se présente par la formule

$$C^2 (H^3 I^2) Az$$

qui se déduit des analyses suivantes.

I. $0^{gr}372$, de matière ont donné $0^{gr},622$ d'iodure d'argent.

II. $0^{gr}363$, de matière provenant d'une autre préparation ont donné $0^{gr},596$ d'iodure d'argent.

III. $0^{gr}725$, de matière ont donné $0^{gr},102$ d'eau, et $0^{gr},1095$ d'acide carbonique.

Ces nombres donnent en centièmes :

	Expériences.			Théorie.		
	I.	II.	III.			
Carbone			4,12	C^2	12	4,27
Hydrogène			1,57	H^3	3	1,06
Iode	90,35	88,70	//	I^2	252	89,32
Azote		//		Az	14	5,35
					281	100,00

La méthylamine biiodée se décompose par l'action de la chaleur sans donner lieu à une explosion comme on le remarque avec l'iodure d'azote.

Elle se dissout dans l'alcool et paraît être décomposée par ce liquide. Il reste après l'évaporation de la solution alcoolique un enduit brun qui ne possède aucun des caractères d'une substance bien définie. La potasse caustique décompose la méthylamine biiodée. Il se forme, outre l'iodure de potassium, une petite quantité d'une matière qui possède une odeur fort pénétrante, et il reste comme résidu insoluble quelques flocons d'une matière jaune que je n'ai pas examinée. J'ai seulement constaté que cette matière jaune n'est pas de l'iodoforme.

CHLORHYDRATE DE MÉTHYLAMINE.

J'ai préparé ce sel en saturant par l'acide chlorhydrique la méthylamine obtenue par l'action de la potasse sur l'éther méthylcyanurique. L'appareil dans lequel il convient de faire cette opération se compose d'un ballon surmonté d'un serpentin réfrigérant. Les vapeurs aqueuses se condensent dans ce serpentin et se séparent du gaz méthyliaque, qui va se condenser dans un récipient renfermant un peu d'eau pure. La décomposition complète de l'éther méthylcyanurique par une lessive de potasse est une opération très-longue. On peut en abréger la durée en fondant cet éther avec de l'hydrate de potasse solide, auquel on n'ajoute qu'une petite quantité d'eau.

La solution dense et extrêmement caustique de méthylamine que l'on obtient ainsi est saturée par l'acide chlorhydrique et évaporée à siccité. Le résidu se dissout facilement dans l'alcool absolu et bouillant et cristallise par le refroidissement en belles et larges feuilles, qui offrent des reflets irisés au moment de leur formation.

Le chlorhydrate de méthylamine est un sel déliquescent, il ne fond qu'au-dessus de 100° et se distingue déjà par cette propriété du chlorhydrate d'éthylamine fusible au bain-marie. Chauffé en vase ouvert à une température très-élevée, il se volatilise en vapeurs fort épaisses, qui se condensent en une poudre blanche à la surface des corps froids.

En traitant, soit une solution aqueuse, soit une solution alcoolique de ce sel par un amalgame de potassium, j'ai observé un dégagement d'hydrogène et la liqueur est devenue alcaline. Jusqu'à présent je n'ai pas réussi à préparer à l'aide de cette réaction l'amalgame de methylammonium correspondant au composé remarquable qui est connu sous le nom d'amalgame d'ammonium. Je n'ai pas eu plus de succès en soumettant à l'action de la pile une coupelle solide formée par du chlorhydrate de méthylamine

et renfermant dans sa cavité une certaine quantité de mercure.

Le chlorhydrate de méthylamine m'a donné à l'analyse les résultats suivants :

$0^{gr},403$ de matière m'ont donné $0^{gr},258$ d'acide carbonique, et $0^{gr},319$ d'eau.

$0^{gr},3105$ de matière précipitée par le nitrate d'argent ont donné $0^{gr},658$ de chlorure d'argent.

Les nombres donnent en centièmes :

	Expériences		Théorie.	
Carbone	17,45	— C^2 — 12	—	17,77
Hydrogène	8,78	— H^5 — 5	—	8,88
Chlore	52,45	— Cl — 35,5	—	52,52
Azote	»	— Az — 14	—	20,83
		67,5		100,00

et conduisent à la formule

$$C^2\,H^5\,Az\,HCl.$$

CHLORHYDRATE DOUBLE DE MÉTHYLAMINE ET DE PLATINE.

Ce sel forme de belles écailles d'un jaune d'or solubles dans l'eau bouillante et cristallisant par le refroidissement. L'alcool ne les dissout pas. Quand on le chauffe, il noircit, émet des vapeurs très-abondantes, et laisse un résidu de platine mêlé à du charbon qui brûle à l'air.

L'analyse de ce sel m'a donné les résultats suivants :

I. $0^{gr},3585$ de matière ont fourni par la calcination $0^{gr},1485$ de platine.

II. $0^{gr},411$ de matière ont fourni $0^{gr},739$ de chlorure d'argent.

III. $0^{gr},693$ de matière ont fourni $0^{gr},1345$ d'acide carbonique et $0^{gr},180$ d'eau.

IV. $0^{gr},3375$ de chlorhydrate double de méthylamine et de platine préparé à l'aide du gaz méthyliaque pur ont donné $0^{gr},1385$ de platine. (Dans cette expérience on a perdu un peu de matière par déflagration.)

V. $0^{gr},406$ du même échantillon ont fourni $0^{gr},734$ de chlorure d'argent.

VI. $0^{gr},946$ de matière provenant de la même préparation ont fourni $0^{gr},174$ d'acide carbonique et $0^{gr},215$ d'eau.

VII. $0^{gr},4575$ de chlorhydrate double de méthylamine et de platine ont donné $0^{gr},191$ de platine.

VIII. $0^{gr},6755$ de la même préparation ont donné $0^{gr},130$ d'acide carbonique et $0^{gr},162$ d'eau.

Les deux dernières analyses ont été faites avec une préparation obtenue dans la réaction de la potasse sur la caféine. La méthylamine qui s'est dégagée a été saturée par l'acide chlorhydrique : le sel obtenu a été précipité par le chlorure de platine.

Les nombres précédents donnent en centièmes :

	Expériences.			Échantillon préparé à l'aide du gaz méthyliaque pur.			Échantillon obtenu par l'action de la potasse sur la caféine.		Théorie.			
	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.				
Carbone...	//	/	5,3	//	//	5,0	//	5,3	C^2	— 12	—	5,0
Hydrogène.	//	//	2,8	/	//	2,5		2,6	H^6	— 6	—	2,5
Chlore....	/	44,4	/	//	44,5	//	//	/	Cl^3	— 106,5	—	44,9
Platine....	41,4		//	41,0	//	//	41,7	/	Pt	— 98,6	—	41,5
Azote.....	/		//	/	//	//	/	//	Az	— 14	—	6,1
										237,1	—	100,0

CHLORHYDRATE DOUBLE DE MÉTHYLAMINE ET D'OR.

Lorsqu'on mélange une dissolution de chlorhydrate de méthylamine avec une solution de chlorure d'or, il ne se forme pas de précipité. Mais par l'évaporation et le refroidissement de la liqueur concentrée et chaude, on obtient de magnifiques aiguilles jaunes, solubles dans l'eau, l'alcool et l'éther.

L'analyse de ce sel double a donné les résultats suivants :

I. $0^{gr},405$ de matière précipités par le nitrate d'argent ont donné $0^{gr},619$ de chlorure d'argent.

II. $0^{gr},6375$ de matière ont donné $0^{gr},071$ d'acide carbonique, et $0^{gr},092$ d'eau.

Ces résultats donnent en centièmes :

	Expériences		Théorie.			
	I.	II.				
Carbone.....	/	3,03	C^4	— 12	—	3,21
Hydrogène.....	/	1,60	H^6	— 6	—	1,60
Chlore.....	37,82	/	Cl^2	— 142	—	38,07
Or.....	/		Au	— 199	—	53,35
Azote.....			Az	— 14	—	3,77
				373		100,00

et conduisent à la formule :

$$C^2 H^5 Az, HCl, Au Cl^3.$$

CHLORHYDRATE DOUBLE DE MÉTHYLAMINE ET DE MERCURE.

On obtient ce sel double en évaporant un mélange à équivalents égaux de chlorhydrate de méthylamine et de bichlorure de mercure. La dissolution très-concentrée fournit des cristaux volumineux de chlorhydrate double de méthylamine et de mercure.

$$C^2 H^5 Az, HCl, Hg Cl.$$

BROMHYDRATE DE MÉTHYLAMINE.

Je l'ai obtenu en étudiant l'action du brome sur la méthylamine. C'est un sel très-soluble dans l'eau et dans l'alcool, et cristallisant en lames larges et brillantes de sa dissolution alcoolique. Les cristaux présentent un aspect gras et sont très-déliquescents.

Ce sel m'a donné à l'analyse les résultats suivants :

$0^{gr},413$ de matière ont donné $0^{gr},210$ d'eau, et $0^{gr},165$ d'acide carbonique.

Ces résultats donnent en centièmes :

	Expérience.	Théorie.		
Carbone.....	10,89	C^2 — 12	—	10,87
Hydrogène.. ...	5,65	H^6 — 6	—	5,43
Azote.....	//	Az — 14	—	12,68
Brome.....	//	Br — 78,4	—	71,02
		110,4		100,00

et s'accordent parfaitement avec la formule

$$C^2 H^5 Az, HBr.$$

IODHYDRATE DE MÉTHYLAMINE.

Ce sont des lames incolores qui brunissent à l'air; elles sont

fort déliquescentes et fort solubles dans l'eau et dans l'alcool: leur composition se représente par la formule

$$C^2\,H^5\,Az,\,HI.$$

J'ai obtenu ce sel comme produit secondaire, en faisant réagir l'iode sur la méthylamine.

AZOTATE DE MÉTHYLAMINE.

On prépare ce sel directement en saturant la méthylamine aqueuse par l'acide azotique. Par l'évaporation de la dissolution on obtient de beaux prismes droits rhomboïdaux, fort allongés et ressemblant beaucoup aux cristaux que forme l'azotate d'ammoniaque. Ils sont très-déliquescents et fort solubles dans l'eau et dans l'alcool. Par la distillation ils se décomposent en fournissant des produits gazeux et des gouttelettes huileuses, insolubles dans l'eau.

L'analyse de ce sel m'a donné les résultats suivants:

1. $0^{gr},4185$ de matière ont fourni $0^{gr},188$ d'acide carbonique et $0^{gr},243$ d'eau.

Ces nombres donnent en centièmes :

	Expériences.	Théorie.		
Carbone.....	12,22	C^2	— 12 —	12,77
Hydrogène.....	6,44	H^6	— 6 —	6,38
Azote..... ...		Az^2	— 28 —	29,79
Oxygène.....		O^6	— 48 —	51,06
			94	100,00

et conduisent à la formule :

$$C^2\,H^5\,Az,\,Az\,HO^6.$$

SULFATE DE MÉTHYLAMINE.

Ce sel est extrêmement soluble dans l'eau et insoluble dans l'alcool. Il ne cristallise pas.

Lorsqu'on évapore une solution de ce sel avec du cyanate de potasse et qu'on reprend le résidu sec par l'alcool, celui-ci extrait

une urée artificielle, qui forme une combinaison cristallisable avec l'acide nitrique et qui est à l'urée ordinaire ce que la méthylamine est à l'ammoniaque. C'est la méthylurée.

$$C^2 \left\{ \begin{matrix} H^3 \\ C^2 H^3 \end{matrix} \right\} Az^2 O^2 = C^4 H^6 Az^2 O^2.$$

Le mode de formation de cette substance, sur laquelle je reviendrai dans un prochain mémoire, s'explique facilement par l'équation suivante :

$$KO, C^2 Az, O + \underbrace{C^2 H^5 Az, SHO^4}_{\text{Sulfate de méthylamine.}} = KO, SO^3 + \underbrace{C^2 H^5 Az, C^2 Az O, HO}_{\text{Cyanate de méthylamine.}}$$

Le cyanate de méthylamine éprouve sous l'influence d'une chaleur modérée une transformation analogue à celle que subit le cyanate d'ammoniaque, lorsque ce sel se transforme en urée.

J'ajouterai que j'ai déjà obtenu la méthylurée par la réaction de l'ammoniaque sur l'éther méthylcyanique.

CARBONATE DE MÉTHYLAMINE.

Ce sel peut être obtenu par la distillation d'un mélange de chlorhydrate de méthylamine fondu avec du carbonate de chaux. On obtient comme produit de cette distillation un liquide très-épais au milieu duquel se trouve empâtée une matière concrète. La matière solide est du carbonate de méthylamine anhydre, le liquide épais est une dissolution extrêmement concentrée de carbonate de méthylamine. Dans la distillation du mélange du chlorhydrate de méthylamine avec du carbonate de chaux il se forme donc une certaine quantité de carbonate de méthylamine anhydre, tandis que l'eau qui se trouve mise en liberté liquéfie du carbonate de méthylamine hydraté. J'ai essayé de préparer ce dernier sel en chauffant à une douce chaleur le contenu du récipient. Le carbonate anhydre se dissout en partie, l'autre partie se volatilise; et si l'on refroidit fortement la partie liquéfiée, il s'en sépare des cristaux prismatiques assez durs de carbonate de mé-

thylamine hydraté. Je n'ai cependant pas obtenu ce sel à l'état de pureté. Comme le montrera l'analyse suivante, il était mélangé avec du carbonate anhydre. J'ai plusieurs fois analysé les cristaux dont je viens d'indiquer la préparation, mais j'ai toujours obtenu plus de carbone et moins d'hydrogène que n'exige la formule

$$C^2\,H^5\,Az,\,CO^2,\,HO.$$

Voici quelques-uns des résultats que j'ai obtenus.

I. $0^{gr},247$ de matière ont donné $0^{gr},280$ d'acide carbonique et $1^{gr},210$ d'eau;
II. $0^{gr},497$ de matière ont donné $0^{gr},549$ d'acide carbonique et $0^{gr},408$ d'eau.

Ces chiffres donnent en centièmes :

	Expériences.		Théorie.			
	I.	II.	$C^2\,H^5\,Az,\,CO^2$.		$C^3\,H^5\,Az\,HO,\,CO^2$.	
Carbone.....	30,8	32,1	C^3 — 18 —	33,96	C^3 — 18 —	29,03
Hydrogène.....	9,4	9,6	H^5 — 5 —	9,43	H^6 — 6 —	9,67
Oxygène.....			O^2 — 16 —	30,18	O^3 — 24 —	38,71
Azote.....	//	//	Az — 14 —	26,43	Az — 11 —	23,59
			53	100,00	62	100,00

Ces résultats prouvent que j'ai soumis à l'analyse un mélange et non une combinaison définie. Si j'avais pu faire la préparation précédente sur une grande échelle, nul doute que je ne fusse arrivé à obtenir un composé bien défini.

Quoi qu'il en soit, le carbonate de méthylamine est un sel très-déliquescent, fortement alcalin et volatil, même à la température ordinaire. Quand on le chauffe, il émet une vapeur incolore fortement ammoniacale et inflammable.

ACTION DE LA MÉTHYLAMINE SUR LE PROTOCHLORURE DE PLATINE.

Lorsqu'on traite le protochlorure de platine délayé dans un peu d'eau par une solution concentrée de méthylamine, on observe un dégagement de chaleur, et le protochlorure, brun-olive, se transforme en une poudre d'un vert de chrome. Ce com-

posé, insoluble dans l'eau, correspond au sel vert de Magnus, comme le fait voir la détermination suivante :

$0^{gr},3695$ de matière ont donné par la calcination $0^{gr},221$ de platine, soit 59,75 pour o/o de platine.

La formule

$$2\,(Pt\,Cl,\,C^2\,H^5\,Az)$$

exige 59,72 de platine, ce qui s'accorde tout à fait avec le résultat de l'expérience.

Lorsqu'on chauffe ce composé vert avec de l'acide azotique, il se dégage des vapeurs rutilantes et il se précipite une poudre grise, probablement du platine. La liqueur filtrée, qui est jaune, laisse déposer par le refroidissement ces cristaux, qui constituent sans doute le composé analogue au sel de Gros. Je ne l'ai pas obtenu en assez grande quantité pour pouvoir le soumettre à l'analyse.

Rien n'est plus facile que d'obtenir avec la méthylamine des composés analogues aux sels de Reiset.

Pour cela il suffit d'introduire dans un matras d'essayeur le sel $2\,(Pt\,Cl,\,C^2\,H^5\,Az)$ correspondant au sel vert de Magnus, de le traiter par un excès de méthylamine, de fermer le matras à la lampe et de le chauffer pendant quelque temps au bain-marie. Le précipité se dissout peu à peu, et il ne reste à la fin de l'expérience qu'une petite quantité d'une poudre noire insoluble. Après avoir brisé la pointe du matras, on fait bouillir la liqueur pour recueillir l'excès de méthylamine, et on la filtre. La solution presque incolore qu'on obtient ainsi est évaporée en consistance sirupeuse, et finit par se prendre en une masse cristalline. Ces cristaux ont été séparés, par expression entre du papier, de l'eau mère colorée qui les imprégnait, et ont été purifiés par plusieurs cristallisations dans l'eau, et finalement dans l'alcool, dans lequel ils se dissolvent moins facilement que dans l'eau.

La composition de ce sel s'exprime par la formule

$$C^4\,H^9\,Pt\,Az^2,\,HCl = \left\{ \begin{matrix} C^2 & H^5 & Az \\ C^2 \left\{ \begin{matrix} H^4 \\ Pt \end{matrix} \right\} & & Az \end{matrix} \right\} HCl.$$

comme le font voir les analyses suivantes :

I. $0^{gr},312$ de matière ont donné $0^{gr},156$ de platine.

II. $0^{gr},566$ de matière ont donné $0^{gr},2545$ d'acide carbonique et $0^{gr},255$ d'eau.

III. $0^{gr},6945$ de matière provenant d'une autre préparation, ont donné $0^{gr},315$ d'acide carbonique et $0^{gr},327$ d'eau.

Ces résultats donnent en centièmes :

	Expériences.			Théorie. $C^4H^9PtAz^2,HCl$.		
	I.	II.	III.			
Carbone	//	12,28	12,36	C^4	24	12,28
Hydrogène		5,00	5,22	H^{10}	9	5,09
Platine	50,00		//	Pt	98,6	50,28
Chlore	//		//	Cl	35,5	18,10
Azote	//	//	//	Az^2	23	14,25
					196,1	100,00

Ce sel, chauffé à 160°, a laissé dégager du gaz méthyliaque. Le résidu s'est redissous entièrement dans l'eau chaude, sauf un léger résidu de platine provenant sans doute d'une décomposition partielle. La solution aqueuse a laissé déposer, par le refroidissement, de petits cristaux brillants moins solubles dans l'eau que ceux du sel précédent. La base platinée qu'ils renferment diffère de la base qui entre dans la composition dont je viens de communiquer l'analyse. Quant à présent, mes expériences ne sont ni assez nombreuses ni assez concluantes pour me permettre d'indiquer avec exactitude la composition de cette seconde base platinée.

OXALATE DE MÉTHYLAMINE.

Lorsqu'on sature l'acide oxalique par la méthylamine on obtient une dissolution qui peut être évaporée en consistance sirupeuse et qui ne cristallise que très-difficilement.

Ce sel renferme

$$C^2H^5Az,C^2HO^4,$$

comme le prouve la détermination suivante,

$0^{gr},384$ de matière précipitée par le chlorure de calcium ont donné $0^{gr},3846$ de sulfate de chaux.

correspondant à

$0^{gr},2289$ de C^2HO^3.

D'après cette détermination, 100 d'oxalate de méthylamine renfermeraient 59, 6 p. 0/0 d'acide oxalique. La formule précédente exige 59, 2 p. 0/0.

Par la distillation, l'oxalate de méthylamine se transforme en eau et en *méthyloxamide*. Cette transformation est même beaucoup plus nette et plus complète que celle que subit le sel ammoniacal correspondant. La raison en est que la méthyloxamide se volatilise beaucoup plus facilement que l'oxamide, et vient se condenser dans le col de la cornue sous forme d'aiguilles longues et fines qui s'entrecroisent dans tous les sens.

MÉTHYLOXAMIDE.

On prépare cette substance très-facilement en faisant réagir une dissolution de méthylamine sur l'éther oxalique. La réaction s'accomplit immédiatement avec dégagement de chaleur, et donne lieu à la formation d'un magma blanc, formé d'aiguilles fines qui se dissolvent facilement dans l'eau chaude.

Par le refroidissement de cette dissolution, la méthyloxamide cristallise, sous forme de longues aiguilles entrelacées les unes dans les autres. Elle est moins soluble dans l'alcool que dans l'eau. Les alcalis dédoublent cette substance avec facilité, en dégageant de l'ammoniaque et en s'emparant de l'acide oxalique régénéré. L'acide phosphorique anhydre la charbonne.

La composition de la méthyloxamide se représente par la formule suivante,

$$C^4H^4AzO^2 = C^2O^2, \left\{ \begin{matrix} H \\ C^2H^3 \end{matrix} \right\} Az,$$

qui se déduit des analyses suivantes :

$0^{gr},322$ de matière cristallisée dans l'alcool ont donné $0^{gr},4875$ d'acide carbonique, et $0^{gr},203$ d'eau.

	Expérience.	Théorie.	
Carbone..	41,25	C^4 — 42 —	41,37
Hydrogène.....	6,99	H^4 — 4 —	6,89
Azote.....	//	Az — 14 —	24,13
Oxygène.....	//	O^2 — 16 —	27,61
		58	100,00

OXALATE ACIDE DE MÉTHYLAMINE.

Il est facile de préparer ce sel en ajoutant à l'oxalate neutre de méthylamine une quantité d'acide oxalique égale à celle qu'il contient déjà. Le sel acide cristallise plus facilement que le sel neutre; il se dépose de sa dissolution alcoolique sous forme de petites lamelles.

ACIDE MÉTHYLOXAMIQUE.

Lorsqu'on chauffe l'oxalate acide de méthylamine à une température de 160° environ, il se décompose. Deux équivalents d'eau sont éliminés, et il se forme de l'acide méthyloxamique, correspondant à l'acide oxamique, dont le mode de formation est complétement analogue. Cet acide méthyloxamique reste en partie dans le résidu, tandis qu'une autre portion se volatilise et recouvre quelquefois le col de la cornue sous la forme d'un sublimé cristallin. On peut s'en assurer en interrompant l'opération à ce moment-là et en traitant le sublimé cristallin et fortement acide par un sel de chaux. Ce sel ne sera pas précipité.

L'acide méthyloxamique ne se forme cependant qu'en petite quantité dans cette opération; car, en même temps qu'une partie du bioxalate de méthylamine se transforme en acide méthyloxamique, une autre partie de ce sel, et la plus considérable, perd continuellement de l'acide oxalique, et tend à se transformer en oxalate neutre. L'acide oxalique, qui devient libre, se transforme pendant tout le cours de l'opération en oxyde de carbone, acide carbonique et eau. Quant à l'oxalate neutre qui se forme, il se dédouble en eau et en méthyloxamide qui ne tarde pas à cris-

talliser dans le col de la cornue. L'apparition de ce produit est donc un indice de la transformation d'une partie de l'oxalate acide en oxalate neutre. On peut alors interrompre l'opération et ajouter au résidu un peu d'acide oxalique libre pour remplacer celui qui s'est décomposé en produits gazeux.

Quand on juge que l'opération est terminée, il faut chercher l'acide méthyloxamique dans le produit distillé et dans le résidu. On le dissout dans l'eau chaude, on sature par la craie et on filtre. Par le refroidissement de la liqueur concentrée, on obtient un mélange de cristaux de méthyloxamate de chaux et de méthyloxamide, qu'il est facile de distinguer et de séparer; car il suffit de les chauffer pour que la méthyloxamide se volatilise et que le sel de chaux, fixe et stable, reste sans se décomposer. On le purifie en le redissolvant dans l'eau chaude, d'où il se dépose par le refroidissement sous la forme de petits cristaux parfaitement nets.

La composition du méthyloxamate de chaux se représente par la formule :

$$\mathrm{Ca\,O,\,C^6\,H^4\,Az\,O^5} \text{ ou } \mathrm{Ca\,O,\,C^4\left\{\begin{matrix}H\\C^2\,H^3\end{matrix}\right\}Az\,O^5}$$

l'oxamate de chaux étant

$$\mathrm{Ca\,O,\,C^4\left\{\begin{matrix}H\\H\end{matrix}\right\}Az\,O^5}$$

I. $0^{gr},411$ de matière chauffée d'abord à 120°, puis à 160°, ont perdu $0^{gr},071$ d'eau, soit 17, 2 o/o; et $0^{gr},340$ du sel sec ont donné $0^{gr},190$ de sulfate de chaux.

II. $0^{gr},214$ du sel sec brûlés avec du chromate de plomb ont donné $0^{gr},230$ d'acide carbonique; l'eau a été perdue.

Ces résultats donnent en centièmes :

	Expériences.	Théorie.			
Carbone.....	29,26	C^6	—	36 —	29,50
Hydrogène.....	//	H^4	—	4 —	3,27
Azote.....	//	Az	—	14 —	11,47
Oxygène.....	//	O^5	—	40 —	32,81
Chaux.....	23,00	CaO	—	28 —	22,95
				122	100,00

PRÉPARATION ET PROPRIÉTÉS DE L'ÉTHYLAMINE.

J'ai obtenu cette base en décomposant le chlorhydrate d'éthylamine par la chaux; l'appareil est disposé exactement comme je l'ai indiqué en décrivant la préparation de la méthylamine; seulement, comme l'éthylamine se condense facilement et est liquide à la température ordinaire, on fait arriver le tube de dégagement dans un matras d'essayeur entouré de glace ou, mieux encore, d'un mélange réfrigérant.

L'éthylamine, mise en liberté par une chaleur modérée, distille et va se condenser dans le récipient.

A l'état de pureté, c'est un liquide léger, mobile et parfaitement limpide. Il bout à 18°,7; versé sur la main, il se volatilise instantanément en produisant la sensation d'un froid très-vif; il ne se solidifie pas dans un mélange d'acide carbonique solide et d'éther. A la température de 8° j'ai trouvé sa densité = 0,6964. La densité de vapeur de l'éthylamine, qu'il était trop difficile de déterminer rigoureusement à l'aide des procédés ordinairement en usage dans les laboratoires de chimie, a été prise par M. Izarn à l'aide d'une méthode nouvelle. Je ne puis mieux faire que de communiquer ici la note que cet habile physicien a bien voulu me remettre à cet égard.

« La densité de vapeur de l'éthylamine et de la méthylamine a été prise dans le laboratoire de M. Regnault avec un appareil qui n'a pas encore été décrit, mais dont l'eudiomètre de M. Regnault (*Annales de physique et de chimie*, 3e série, t. XXVI, pl. IV, fig. 3,) peut donner une idée suffisante; le laboratoire et la cuve mobile sont supprimés; le mesureur est remplacé par un tube d'une capacité beaucoup plus grande, 400 ou 500 centimètres cubes, et le manchon qui les enveloppe est une grande caisse en tôle zinguée, qui permet d'obtenir des températures élevées et constantes; elle porte d'ailleurs une face plane, fermée par une glace, à travers laquelle on peut voir les tubes à l'intérieur; le mesureur est ter-

miné, comme dans l'eudiomètre, par un tube capillaire muni d'un robinet d'acier.

Quand ce tube a été parfaitement desséché et rempli de mercure, on engage dans le robinet la pointe de l'ampoule, où la substance a été liquéfiée par le froid, et on l'y fixe par un caoutchouc; la pointe est cassée par un mouvement de porte à faux, et en faisant couler le mercure de manière à mettre le liquide sous une pression aussi faible que l'on veut, on le fait distiller et passer dans le mesureur à l'état de vapeur; là, on l'isole complétement en introduisant un peu de mercure dans le tube capillaire par un artifice facile à imaginer. Le poids de l'ampoule pleine et vide donne la quantité de substance sur laquelle on opère; d'ailleurs ce poids peut être obtenu par un autre moyen indiqué plus loin.

Le mesureur porte des traits de repère qui permettent de le jauger dans toutes ses parties; on peut ainsi étudier la vapeur en faisant varier toutes les circonstances de volume, température et pression, déterminer ses lois de dilatation et de compressibilité.

« Lorsque le corps peut s'absorber complétement par un réactif convenable, on adapte au robinet d'acier un tube contenant ce réactif et l'on dose la substance par absorption. C'est ainsi que la méthylamine et l'éthylamine ont été absorbés par l'acide sulfurique. Ce procédé permet de prendre la densité de gaz absorbables, que l'on ne peut obtenir qu'en petite quantité, car il est facile de les faire passer à l'état gazeux dans le mesureur.

« On peut aussi, à chaque température, augmenter assez la pression pour liquéfier la vapeur et déterminer ainsi sa force élastique à saturation.

« Voici les résultats obtenus avec la méthylamine et l'éthylamine :

1er TABLEAU.

MÉTHYLAMINE, POIDS DE LA SUBSTANCE, 0gr,402.
DENSITÉ THÉORIQUE, 1,0731 POUR 4 VOLUMES.

VOLUME.	TEMPÉRATURE.	PRESSION.	DENSITÉ.
290cc,2	7°,40	763,56	1,0951
230,4	7,40	952,73	1,1055
350,0	26,91	683,76	1,0840
290,2	26,86	822,09	1,0873
230,4	26,78	1029,20	1,0935
350,0	36,32	706,19	1,0823
290,2	36,30	849,48	1,0849
350,0	43,41	723,77	1,0800
290,2	43,41	870,32	1,0832
ÉTHYLAMINE, POIDS DE LA SUBSTANCE, 0gr,627. DENSITÉ THÉORIQUE, 1,5568 POUR 4 VOLUMES.			
350,0	27,36	729,91	1,5867
290,2	27,36	875,91	1,5940
350,0	35,93	753,30	1,5803
290,2	35,95	904,19	1,5880
230,4	35,84	1128,00	1,6027
350,0	43,36	773,04	1,5767
290,2	43,39	928,14	1,5840
230,4	43,97	1161,10	1,5977
350,0	48,75	787,13	1,5747
290,2	48,98	946,02	1,5813
2,304	49,08	1182,20	1,5943
350,0	55,23	803,86	1,5728
290,2	55,28	966,33	1,5782
230,4	55,13	1206,25	1,5917

2e TABLEAU.

MÉTHYLAMINE, POIDS DE LA SUBSTANCE 0gr,402.

VOLUME.	TEMPÉRATURE.	PRESSION.	DENSITÉ.
350cc0	26,91	683,76	1,0840
//	36,32	706,19	1,0823
//	43,41	723,77	1,0800
290,2	7,40	763,56	1,0951
//	26,86	822,09	1,0873
//	36,30	849,48	1,0849
//	43,41	870,32	1,0832
230,4	7,49	952,73	1,1055
//	26,70	1029,20	1,0935
ÉTHYLAMINE, POIDS DE LA SUBSTANCE 0gr,627.			
350,0	27,36	729,91	1,5867
//	35,93	753,30	1,5803
//	43,36	773,04	1,5767
//	48,75	787,13	1,5747
//	55,23	803,86	1,5728
290,2	27,36	875,91	1,5940
//	35,95	904,19	1,5880
//	43,39	928,14	1,5840
//	48,98	946,02	1,5813
//	55,28	966,33	1,5782
230,4	35,84	1128,00	1,6027
//	43,97	1161,10	1,5977
//	49,08	1182,20	1,5943
//	55,13	1206,25	1,5917

« Ces deux tableaux renferment les mêmes nombres, mais disposés d'une manière différente. Dans le premier, les expériences sont inscrites dans l'ordre où elles ont été faites. La température restant constante, on observait la vapeur sous des volumes de plus en plus petits, et sous des pressions croissantes. On voit que la densité suit une marche régulière et augmente avec la pression.

« Dans le deuxième tableau on a réuni les déterminations faites au même volume et sous des pressions peu différentes, mais à des températures variées. On y retrouve ce fait bien connu de la diminution de la densité, à mesure qu'on l'observe à une température plus élevée.

« Tous ces nombres sont plus grands que la densité théorique; mais ils convergent évidemment vers elle, quand on opère dans des conditions de plus en plus favorables. Pour la méthylamine, on en a approché très-près, et il n'est pas douteux qu'on l'eût atteinte, si on avait pu élever davantage la température, ou diminuer la pression, car on voit que, même à des températures assez basses, une raréfaction convenable paraît amener les vapeurs, comme les gaz permanents, vers un point où la loi de Mariotte serait vérifiée.

« Il est même remarquable que l'éthylamine, qui bout entre 18° et 19° sous la pression de 760^{mm} présente à 27° une densité si faible. Quelques essais sur la force élastique de la vapeur de ce corps placeraient son point d'ébullition à 23° sous la pression de 876^{mm}; c'est donc à 4° seulement au-dessous de ce point qu'on a trouvé la densité 1,5940, qui ne diffère que de 0,037 de la densité théorique. »

L'éthylamine possède une odeur ammoniacale extrêmement pénétrante; sa causticité est comparable à celle de la potasse. Une gouttelette d'une dissolution concentrée d'éthylamine déposée sur la langue et laissée un instant seulement détermine une douleur cuisante et une vive inflammation.

Elle bleuit avec intensité le papier de tournesol rouge et neutralise les acides aussi complétement que l'ammoniaque. Au con-

tact du gaz chlorhydrique, elle répand des vapeurs blanches fort épaisses. Chaque goutte d'acide qu'on y verse fait entendre un sifflement au moment où elle se mêle avec l'alcaloïde liquide. La baryte caustique et le potassium peuvent y séjourner à la température ordinaire, sans éprouver d'altération.

A l'approche d'un corps en combustion, l'éthylamine prend feu et brûle avec une flamme jaunâtre.

Elle se mêle à l'eau en toutes proportions en s'échauffant beaucoup et en donnant naissance à une dissolution qui se distingue par une certaine viscosité de la dissolution d'ammoniaque ordinaire. Une ébullition prolongée chasse de cette dissolution toute l'éthylamine qu'elle renferme.

La solution d'éthylamine précipite les sels métalliques comme le fait la solution de méthylamine. Il n'y a presque aucune différence à signaler à cet égard entre les deux alcaloïdes. J'ai remarqué cependant que l'hydrate d'oxyde de cuivre se dissout moins facilement dans l'éthylamine que dans la méthylamine.

Le chlorure de platine n'est pas précipité immédiatement par l'éthylamine moyennement concentrée.

Un fait digne de remarque, c'est la solubilité de l'alumine dans l'éthylamine. Lorsqu'on précipite une solution d'alun par une solution d'éthylamine, on obtient un précipité floconneux qui disparaît dans un excès de réactif exactement comme si on avait ajouté de la potasse. Si l'éthylamine pouvait être fabriquée en grand, ce qui est loin d'être impossible, elle offrirait aux chimistes un réactif sûr et commode dans une foule de cas. Elle servirait, en particulier, avec plus d'avantage que la potasse, à la séparation de l'alumine et de l'oxyde de fer, qu'il est si pénible d'effectuer complétement à l'aide du dernier réactif.

L'éthylamine déplace l'ammoniaque de ses combinaisons salines. Lorsqu'on ajoute un grand excès d'éthylamine à du sel ammoniac et qu'on évapore à siccité, il ne reste que du chlorhydrate d'éthylamine. Lorsqu'on sature à moitié par l'acide sulfurique un mélange d'un excès d'éthylamine avec de l'ammoniaque, le résidu

renferme du sulfate d'éthylamine accompagné de quelques traces seulement de sulfate d'ammoniaque. On peut donc appliquer à la séparation de l'éthylamine et de l'ammoniaque le procédé de saturation fractionnée que M. Liebig a mis en usage pour la séparation des acides gras. Toutefois, d'après ce qui précède, ce procédé n'a pas une rigueur absolue; mais il permet de se procurer au moins des résidus dans lesquels il ne reste que des traces d'ammoniaque. On trouvera plus loin la description d'un procédé qui permet de séparer l'ammoniaque, la méthylamine et l'éthylamine (voyez sulfate d'éthylamine).

La composition de l'éthylamine anhydre se représente par la formule

$$C^4 H^7 Az$$

qui se déduit des analyses suivantes:

I. $0^{gr},266$ de matière ont fourni $0^{gr},533$ d'acide carbonique, et $0^{gr},379$ d'eau. Le liquide était renfermé dans une ampoule boucbée avec une quantité de cire pesant $0^{gr},003$ et ayant par conséquent fourni par la combustion $1^{gr},010$ d'acide carbonique, et $0^{gr},005$ d'eau qu'il faut retrancher des chiffres précédents.

II. $0^{gr},239$ de matière ont fourni 64,6 CC d'azote à la température de 13° et à la pression de $0^{m},755$.

Ces nombres donnent en centièmes:

	Experience.		Théorie.		
Carbone.....	53,61		C^4	— 24 —	53,33
Hydrogène.....	15,60		H^7	— 7 —	15,53
Azote.....	//	31,45	Az	— 14 —	31,12
					100,00

Étudions maintenant quelques réactions dans lesquelles l'éthylamine se décompose.

ACTION DE LA CHALEUR SUR L'ÉTHYLAMINE.

Quelques grammes d'éthylamine pure ont été vaporisés lentement et la vapeur a été dirigée à travers un tube de porcelaine étroit renfermant quelques fragments de porcelaine. Dès que l'air a été chassé de l'appareil, on a recueilli le gaz, après l'avoir dirigé à travers un tube rempli d'eau. Cette eau tenait en suspension de l'oxyde de mercure, finement broyé et destiné à retenir l'acide prussique qui se forme en abondance pendant l'opération. Le gaz lavé a été recueilli dans des flacons pleins de mercure. Une analyse eudiométrique a montré qu'il était formé essentiellement par de l'hydrogène mélangé avec une quantité relativement petite d'un gaz carburé, et qu'il ne renfermait que des traces d'azote.

Après l'opération, l'eau de lavage était devenue fortement ammoniacale. Soumise à la distillation, elle a laissé dégager une grande quantité d'ammoniaque ordinaire. Le résidu de l'ébullition, débarrassé par la filtration de la poudre grise qu'il tenait en suspension, a laissé déposer par l'évaporation une quantité notable de cyanure de mercure.

ACTION DU CHLORE SUR L'ÉTHYLAMINE.

Le chlore réagit immédiatement sur la solution d'éthylamine. La réaction se fait avec production de chaleur et elle est accompagnée d'un dégagement insignifiant de gaz azote. Il se forme de l'éthylamine bichlorée et du chlorhydrate d'éthylamine, comme le fait voir l'équation suivante :

$$3\,C^4\,H^7\,Az + 4\,Cl = 2\,Cl\,H, C^4\,H^7\,Az + C^4 \left\{ \begin{matrix} H^5 \\ Cl^2 \end{matrix} \right\} Az.$$

Pour préparer l'éthylamine bichlorée j'ai fait arriver un courant de chlore lavé dans une solution d'éthylamine assez étendue et renfermée dans un tube large de trois centimètres, auquel se trouvait soudé, à la partie inférieure, un tube d'un centimètre seule-

ment de diamètre. A mesure que le chlore arrive dans la solution il est absorbé, et, si l'on n'avait soin de refroidir la liqueur en plongeant le tube dans la glace, le dégagement de chaleur que produit la réaction pourrait donner lieu à la décomposition partielle du produit. L'éthylamine bichlorée qui se forme avec la plus grande facilité tombe en grosses gouttes au fond de la solution, et vient se rassembler dans le tube étroit dans lequel le produit déjà formé se trouve soustrait à l'action d'un excès de chlore qui le décompose. La réaction est terminée lorsque le chlore n'est plus absorbé. On trouve alors dans le tube inférieur un liquide jaune, limpide, souvent rempli de petits cristaux provenant sans doute de l'action d'un excès de chlore. Pour le purifier on l'agite avec un peu d'eau pure et on le rectifie sur le chlorure de calcium.

A l'état de pureté c'est un liquide très-fluide, d'un jaune clair; son odeur est pénétrante et provoque la toux et le larmoiement. Il bout à 91°, et distille facilement en se condensant en un liquide limpide, qui, conservé pendant quelques jours, laisse déposer souvent de petites paillettes incolores. Lorsqu'on surchauffe sa vapeur dans un tube, elle détonne, sans cependant briser le vase.

Un excès de chlore solidifie l'éthylamine bichlorée en la transformant en petites paillettes.

L'ammoniaque liquide la dissout et la décompose du jour au lendemain.

La potasse caustique la décompose lentement; il se forme du chlorure de potassium, de l'acétate de potasse, et de l'ammoniaque. Il se dégage, en même temps, une petite quantité d'un gaz chloré, qui n'est pas de l'éther chlorhydrique, et il se forme quelques gouttelettes d'un liquide huileux, d'une odeur fort désagréable, rappelant, jusqu'à un certain point, l'odeur alliacée que répand l'éther cyanhydrique impur. Ces deux derniers produits sont sans doute le résultat d'une décomposition secondaire. La réaction principale s'exprime d'une manière fort nette par la formule suivante :

$$C^4\,H^5\,Cl^2\,Az + 3\,KO + HO = C^4\,H^3\,O^3,\,KO + Az\,H^3 + 2\,Cl\,K.$$

La production de l'acide acétique dans cette circonstance, la transformation des alcaloïdes dans les acides dérivés comme eux des alcools correspondants me paraissent un fait digne de remarque. Je l'ai d'ailleurs vérifié par l'analyse. Après avoir sursaturé et distillé avec de l'acide sulfurique le résidu de la réaction, j'ai traité le liquide distillé renfermant de l'acide acétique et de l'acide chlorhydrique par un excès d'hydrate d'oxyde de plomb. La liqueur filtrée et ne renfermant plus que de l'acétate de plomb a été décomposée par l'acide sulfurique, et distillée de nouveau. Le produit de la distillation a été soumis à l'ébullition avec de l'oxyde d'argent, et filtré. Par le refroidissement, il a laissé déposer en abondance des lamelles d'acétate d'argent [1].

0^{gr}, 472 de cet acétate d'argent ont laissé par la calcination 0^{gr}, 303 d'argent métallique, soit, 64, 20 p. 0/0 : la théorie exige 64, 66 p. 0/0. Je dois ajouter que pendant la saturation de l'acide acétique par l'oxyde d'argent une portion de ce dernier a été réduit. Il se pourrait donc qu'indépendamment de l'acide acétique il se fût formé dans cette réaction une petite quantité d'acide formique.

[1] Si les espèces chlorées des autres alcaloïdes azotés avaient une constitution analogue à celle de l'éthylamine bichlorée, la réaction de la potasse sur ces composés permettrait de préparer artificiellement une série d'acides aujourd'hui inconnus. C'est ainsi que l'aniline bichlorée pourrait se décomposer en chlorure de potassium, ammoniaque, et en un acide $C^{12}\,H^4\,O^4$, homologue avec l'acide benzoïque :

$$C^{12}\,H^5\,Cl^2\,Az + K^3\,O^2 + HO = KO,\,C^{12}\,H^3\,O^3 + Az\,H^3 + 2\,KCl.$$

J'ajouterai, cependant, qu'il est probable que la constitution de l'aniline bichlorée n'est pas la même que celle de l'éthylamine bichlorée. L'aniline bichlorée, d'ailleurs difficile à obtenir, est encore une base; l'éthylamine bichlorée est parfaitement neutre. La constitution de ces deux substances est probablement exprimée par les formules suivantes :

$$\underbrace{C^4\,H^5\,Cl^2\,Az}_{\text{Éthylamine bichlorée.}} = \left\{\begin{matrix} Cl \\ Cl \\ C^4\,H^5 \end{matrix}\right\} Az$$

$$\underbrace{C^{12}\,H^5\,Cl^2\,Az}_{\text{Aniline bichlorée.}} \qquad \left\{\begin{matrix} H \\ H \\ C^{12}\,(H^2\,Cl^2) \end{matrix}\right\} Az$$

(Voyez Hofmann, *Philosophical Transactions*, part I, for 1850, p. 111.)

L'éthylamine bichlorée a donné à l'analyse les résultats suivants :

I. $0^{gr},344$ de matière ont donné 0,2665 d'acide carbonique, et 0,140 d'eau.

II. $0^{gr},281$ de matière ont donné 0,710 de chlorure d'argent.

III. $0^{gr},281$ de matière provenant d'une autre préparation ont donné 0,705 de chlorure d'argent.

Ces résultats donnent en centièmes :

	Expériences			Théorie.	
	I.	II.	III.		
Carbone.....	21,12			C^4 — 24	— 21,05
Hydrogène.....	4,51	//	//	H^5 — 5	— 4,38
Chlore.....	//	62,07	62,50	Cl^2 — 71	— 62,28
Azote.....		//		Az — 14	— 12,29
				114	100,00

D'après ces analyses, la composition de l'éthylamine bichlorée est représentée par la formule :

$$C^4 H^5 Cl^2 Az.$$

Dans son travail intéressant sur les espèces chlorées de l'aniline, M. Hofmann a prouvé que dans ces substances le caractère basique de l'aniline allait en diminuant à mesure que le nombre des équivalents de chlore augmente dans la combinaison. L'aniline bichlorée et l'aniline trichlorée sont encore des bases, quoique leurs caractères basiques soient moins prononcés que ceux de l'aniline. Dans l'éthylamine bichlorée, au contraire, les propriétés basiques si énergiques de l'éthylamine sont complétement effacées par l'introduction dans la molécule de deux équivalents de chlore. On peut donc supposer que dans l'éthylamine bichlorée le chlore s'est substitué aux deux molécules d'hydrogène basique de l'ammoniaque, tandis que la molécule d'éthylamine qui remplace la troisième molécule d'hydrogène de l'ammoniaque est demeurée intacte.

ACTION DU BROME SUR L'ÉTHYLAMINE.

Lorsqu'on traite une solution concentrée d'éthylamine par du brome, on observe une réaction fort vive et qui donne lieu à un dégagement considérable de chaleur. Pour modérer la réaction, il est bon d'ajouter le brome petit à petit et de refroidir à la glace la solution d'éthylamine. Chaque goutte de brome, en tombant dans le liquide, détermine à la surface la formation de nuages blancs très-épais ; après quelques instants de contact, la goutte de brome qui est tombée au fond se décolore, diminue peu à peu et finit par se dissoudre dans le liquide. Il se forme, sans aucun doute, un produit de substitution analogue au composé chloré, mais ce composé se dissout dans la solution concentrée de bromhydrate d'éthylamine, qui se forme en même temps. Quand la réaction est terminée, ce qu'on reconnaît à ce que le brome ne se décolore plus dans le liquide devenu neutre, on trouve au fond de la solution de bromhydrate d'éthylamine une petite quantité d'un liquide huileux coloré en jaune orangé foncé, qui est probablement l'éthylamine bibromée. La plus grande partie de cette substance demeure dans le liquide aqueux; on peut la retirer en agitant celui-ci avec de l'éther et en laissant évaporer dans une soucoupe la solution éthérée. On obtient ainsi un liquide coloré en rouge orangé et qui, agité avec une solution faible de potasse caustique, perd un petit excès de brome, qui lui donne cette coloration. Il est plus dense que l'eau; son odeur est piquante et analogue à celle du composé chloré. Je n'en ai pas fait l'analyse.

ACTION DE L'IODE SUR L'ÉTHYLAMINE.

L'iode réagit immédiatement sur une solution d'éthylamine, en donnant lieu à un dégagement de chaleur et en se transformant en un liquide fort épais, opaque et coloré en bleu noir. En même temps il se forme de l'iodhydrate d'éthylamine. La production de ce sel, ainsi que les analyses suivantes, prouve que l'iode a réelle-

ment décomposé l'éthylamine, en se substituant à de l'hydrogène. Ce cas de substitution, d'ailleurs très-rare, donne lieu à la formation d'un corps iodé dont les propriétés physiques et chimiques s'éloignent considérablement des propriétés si nettes qui appartiennent aux corps chlorés obtenus par substitution. L'éthylamine biiodée est un corps très-instable; quand on le distille, il laisse dégager de l'iode, et si l'on élève la température, il passe en même temps un liquide brun foncé, et il reste un résidu de charbon. L'alcool et l'éther le dissolvent. La potasse caustique ne le décompose pas instantanément, ce qui prouve bien que l'iode est entré par substitution dans la combinaison. Cependant du jour au lendemain la décomposition est complète. Il se forme de l'iodure de potassium, un peu d'iodate de potasse, et une quantité assez notable d'un corps jaune cristallin peu soluble dans l'eau, soluble dans l'alcool, mais ne cristallisant pas de cette dissolution. Cette substance iodée, dont j'ai fait beaucoup d'analyses, ne m'a pas présenté une composition bien définie. Je suppose que c'est un mélange de plusieurs matières et je ne pense pas qu'elle renferme le composé homologue de l'iodoforme

$$C^3\,(H^3I^3).$$

Voici d'ailleurs les résultats que l'éthylamine biiodée a donnés à l'analyse :

I. $0^{gr},523$ de matière ont donné $0^{gr},159$ d'acide carbonique, et $0^{gr},096$ d'eau.

II. $0^{gr},749$ de matière provenant d'une autre préparation ont donné $0^{gr},217$ d'acide carbonique, et $0^{gr},134$ d'eau.

III. $0^{gr},9365$ de matière ont donné $0^{gr},286$ d'acide carbonique, et $0^{gr},152$ d'eau.

IV. $0^{gr},599$ de matière décomposée par la chaux au rouge ont donné $0^{gr},961$ d'iodure d'argent.

Ces résultats donnent en centièmes :

	Expériences.				Théorie		
	I.	II.	III.	IV.			
Carbone.....	8,28	7,90	8,33	//	C^4	— 24 —	8,13
Hydrogène...	2,03	1,98	1,80	//	H^5	— 5 —	1,69
Iode.....	//		//	86,38	I^2	— 252 —	85,42
Azote.....	//	//	//	//	Az	— 14 —	4,76
						295	100,00

Sans doute ces analyses auraient été plus correctes si j'avais eu le moyen de purifier l'éthylamine biiodée, mais je pense qu'elles suffisent pour justifier la formule

$$C^4\,H^5\,I^2\,Az.$$

CHLORHYDRATE D'ÉTHYLAMINE.

Pour obtenir ce sel on peut décomposer l'éther cyanurique dans un appareil disposé comme celui qui sert à la préparation du chlorhydrate de méthylamine (voir page 790). Il est plus commode cependant de décomposer par la potasse l'éther cyanique lui-même. La réaction s'accomplit immédiatement à la température ordinaire en donnant lieu à un dégagement notable de chaleur. Il convient de se servir pour cette expérience d'un flacon à l'émeri, dont on fixe solidement le bouchon et que l'on a soin de refroidir. On accélère la décomposition en l'agitant une ou deux fois; au bout de cinq minutes l'éther cyanique a disparu, et on ne trouve plus dans la liqueur alcaline que du carbonate de potasse et de l'éthylamine. Pour la séparer, on fait bouillir le liquide dans un ballon surmonté d'un tube à deux angles droits, et l'on dirige les vapeurs d'éthylamine dans un flacon renfermant un peu d'eau et refroidi. Après avoir saturé par l'acide chlorhydrique, on évapore à siccité et l'on dissout le résidu dans l'alcool concentré et bouillant. Par le refroidissement de la solution alcoolique, le chlorhydrate d'éthylamine se dépose sous la forme de larges feuilles.

Les cristaux de chlorhydrate d'éthylamine, complétement débarrassés d'humidité dans le vide sec, commencent à fondre à 76° et sont complétement fondus à 80°. Par le refroidissement, le sel fondu se prend, dans le tube dans lequel on a fait l'expérience, en une masse cristalline demi-transparente et fendillée.

Lorsqu'on chauffe le chlorhydrate d'éthylamine à une température plus élevée, il émet des vapeurs et entre en ébullition de 315° à 320°. Par le refroidissement, il se prend, après avoir été

soumis à l'action de cette température élevée, en une masse d'un blanc laiteux qui n'a plus rien de cristallin. Chose remarquable, le sel ainsi modifié ne fond qu'à une température très-élevée. Le tube très-fin et fermé par les deux bouts qui contenait les cristaux fondus à 80° a été plongé pendant quelques instants dans un bain d'huile bouillante. Par le refroidissement le sel fondu s'est pris en une masse d'un blanc laiteux qui a été chauffée de nouveau dans un bain d'huile. A 260° la fusion du sel modifié n'était complète que sur quelques points.

Le chlorhydrate d'éthylamine est un sel très-déliquescent; sa dissolution aqueuse le laisse déposer sous forme de beaux prismes striés. Traitée par un amalgame de potassium, elle dégage de l'hydrogène et il se dissout de l'éthylamine; sa composition est représentée par la formule

$$C^4 H^7 Az, H Cl,$$

qui se déduit des analyses suivantes :

I. $0^{gr},394$ de ce sel ont donné $0^{gr},353$ d'eau, et $0^{gr},418$ d'acide carbonique.
II. $0^{gr},311$ de matière ont donné $0^{gr},548$ de chlorure d'argent.
III. $0^{gr},3695$ de matière ont donné $0^{gr},400$ d'acide carbonique, et $0^{gr},3325$ d'eau.

Ces nombres donnent en centièmes :

	Expériences.		Théorie.	
	I.	II.		
Carbone.....	28,93	29,52	C^4 — 24	— 29,44
Hydrogène.....	9,94	9,99	H^8 — 8	— 9,81
Chlore.....	43,58	//	Cl — 35,5	— 43,55
Azote.....	//	//	Az — 14	— 17,20
			81,5	100,00

CHLORHYDRATE D'ÉTHYLAMINE ET DE PLATINE.

On prépare ce sel double en mêlant des solutions concentrées de chlorure de platine et de chlorhydrate d'éthylamine et en y ajoutant de l'alcool. Le précipité jaune que l'on obtient ainsi est

exprimé et redissous dans l'eau bouillante. Par le refroidissement le chlorhydrate d'éthylamine et de platine se sépare en belles tables d'un jaune orangé foncé.

Il a donné à l'analyse les résultats suivants :

I. $0^{gr},382$ ont donné 0,149 de platine.

II. $0^{gr},6585$ ont donné $0^{gr},197$ d'eau, et $0^{gr},229$ d'acide carbonique.

III. $0^{gr},3005$ décomposés au rouge par la chaux ont donné $0^{gr},510$ de chlorure d'argent.

IV. $0^{gr},498$ ont donné $0^{gr},195$ de platine.

V. $0^{gr},459$ ont donné $0^{gr},1795$ de platine.

VI. $0^{gr},606$ ont donné $1^{gr},045$ de chlorure d'argent.

VII. $0^{gr},8595$ ont donné 42,6, CC d'azote, à la température de 18°, et à la pression de $0^{m},753$.

Ces nombres donnent en centièmes.

	Expériences.			Théorie			
	I.	II.	III.				
Carbone.....	9,48	//	//	C^4	— 24	—	9,55
Hydrogène.....	3,31	//	//	H^8	— 8	—	3,18
Chlore.....	42,65	//	//	Cl^3	— 106,5	—	42,41
Platine.....	39,00	39,15	39,10	Pt	— 98,6	—	39,26
Azote.....	5,61	//	//	Az	— 14	—	5,60
					251,1		100,00

CHLORHYDRATE DOUBLE D'ÉTHYLAMINE ET DE MERCURE.

On l'obtient en mélangeant des équivalents égaux de bichlorure de mercure et de chlorhydrate d'éthylamine; il cristallise plus facilement que le sel de méthylamine correspondant, mais il ne forme pas de cristaux aussi volumineux; il se dépose en petites paillettes blanches de sa dissolution alcoolique.

Ce sel m'a donné à l'analyse les résultats suivants :

I. $0^{gr},7835$ de matière ont donné $0^{gr},3165$ d'acide carbonique, et $0^{gr},274$ d'eau.

II. $0^{gr},499$ de matière ont donné $0^{gr},660$ de chlorure d'argent.

Ces résultats donnent en centièmes :

	Expériences.	Théorie.		
Carbone.....	11,01	C^4	24	11,01
Hydrogène.....	3,88	H^5	8	3,67
Chlore.....	32,71	Cl^2	71	32,56
Mercure.....	//	Hg	101	46,33
Azote.....	//	Az	14	4,43
			218	100,00

et s'accordent parfaitement avec la formule

$$C^4 H^7 Az, H Cl + Hg Cl.$$

CHLORHYDRATE DOUBLE D'ÉTHYLAMINE ET D'OR.

Ce sel double s'obtient comme le précédent et forme de très-beaux cristaux prismatiques d'un jaune d'or, solubles dans l'eau, l'alcool et l'éther. Il renferme

$$C^4 H^7 Az, H Cl. + Au Cl^3,$$

comme le font voir les analyses suivantes :

I. $0^{gr},693$ de matière ont donné $0^{gr},158$ d'acide carbonique, et $0^{gr},149$ d'eau.
II. $0^{gr},359$ de matière ont donné par la calcination $0^{gr},1845$ d'or.
III. $0^{gr},2995$ de matière décomposée par la chaux au rouge ont donné $0^{gr},446$ de chlorure d'argent.

Ces résultats donnent en centièmes :

	Expériences.	Théorie.		
Carbone.....	6,21	C^4	24	6,20
Hydrogène....	2,38	H^5	8	2,06
Chlore.....	36,83	Cl^4	142	36,69
Or.....	51,39	Au	199	51,42
	//	Az	14	3,63
			387	100,00

CARBONATE D'ÉTHYLAMINE.

Pour préparer ce sel, j'ai mélangé du chlorhydrate d'éthylamine fondu et bien sec avec un excès de carbonate de soude des-

séché avec soin, et j'ai distillé le mélange dans une petite cornue. Il s'est dégagé d'abord des vapeurs blanches qui se sont condensées en une poussière blanche; puis des stries liquides sont venues se condenser le long du col de la cornue et se sont concrétées dans le ballon en une masse cristalline imprégnée d'un liquide fort épais. J'ai exprimé rapidement cette masse entre des feuilles de papier, et je l'ai soumise à l'analyse; mais les résultats que j'ai obtenus ne s'accordent pas bien avec la formule

$$C^4\,H^7\,Az,\,CO^2,\,HO.$$

J'ai obtenu un excès de carbone et un excès d'hydrogène, ce qui paraît indiquer que la composition de ce sel n'est pas bien définie, et qu'il renferme moins d'acide carbonique qu'il ne doit en contenir d'après la formule précédente.

Le carbonate d'éthylamine est un sel fortement alcalin; son odeur est ammoniacale et il répand, à la température ordinaire, des vapeurs qui bleuissent le papier de tournesol rouge. Il est très-déliquescent; il dissout le carbonate de cuivre et le carbonate de zinc hydratés.

CARBONATE ANHYDRE D'ÉTHYLAMINE.

Pour préparer ce sel, j'ai fait arriver un courant d'acide carbonique sec dans un ballon renfermant de l'éthylamine anhydre et entouré d'un mélange réfrigérant. L'acide carbonique a été absorbé, et le liquide s'est transformé en une masse pulvérulente d'un blanc de neige. Cette matière se dissout dans l'eau; la solution ne précipite pas instantanément le chlorure de baryum; le précipité ne se forme qu'au bout de quelque temps et à l'aide de la chaleur.

La composition de cette substance se trouve représentée par la formule

$$C^4\,H^7\,Az,\,CO^2$$

qui se déduit de l'analyse suivante :

$0^{gr},3595$ de matière ont donné $0^{gr},585$ d'acide carbonique et $0^{gr},345$ d'eau,

qui donne en centièmes :

	Expérience	Théorie.	
Carbone.....	44,37	C^5 — 30 —	44,77
Hydrogène.....	10,65	H^7 — 7 —	10,44
Azote.....	//	Az — 14 —	20,89
Oxygène.....	//	O^2 — 16 —	23,90
		67	100,00

SULFHYDRATE D'ÉTHYLAMINE.

On obtient facilement des cristaux de ce sel en faisant arriver de l'hydrogène sulfuré dans un ballon renfermant de l'éthylamine anhydre et entouré de glace. Les parois du ballon dans lequel se fait la saturation et qu'il faut avoir soin de remplir d'hydrogène avant d'y faire arriver l'hydrogène sulfuré, se tapissent de cristaux incolores.

Le sulfhydrate d'éthylamine est un sel très-fusible et volatil. Par le refroidissement, le sel fondu se prend de nouveau en fort beaux cristaux qui présentent des lames rectangulaires paraissant appartenir à des prismes obliques à base rectangulaire, et terminés par des pointements à quatre faces.

La vapeur de ce sel est inflammable. A l'air il se colore en jaune et attire rapidement l'humidité en se transformant en gouttelettes jaunes. La solution dissout le sulfure d'antimoine hydraté et forme une liqueur incolore qui laisse déposer une poudre orangée par l'évaporation.

SULFATE D'ÉTHYLAMINE.

Sel déliquescent, incristallisable, très-soluble dans l'alcool et se desséchant dans le vide en une masse transparente d'apparence gommeuse.

La solubilité de ce sel dans l'alcool permet de séparer l'éthylamine de la méthylamine. Si l'on avait un mélange d'ammoniaque

de méthylamine et d'éthylamine, on pourrait, pour séparer ces trois alcaloïdes, commencer par saturer par l'acide chlorhydrique, évaporer à siccité et reprendre par l'alcool absolu. La presque totalité du chlorhydrate d'ammoniaque resterait comme résidu, tandis que les deux autres chlorhydrates se dissoudraient.

Après les avoir transformés en sulfates on les traiterait de nouveau par l'alcool, qui ne dissoudrait que le sulfate d'éthylamine.

NITRATE D'ÉTHYLAMINE.

Il est facile d'obtenir ce sel en saturant l'éthylamine avec de l'acide nitrique. La dissolution, évaporée au bain-marie, laisse déposer quelquefois des cristaux sous forme de lamelles légères paraissant remplir entièrement le liquide sirupeux au milieu duquel ils s'étaient formés. Mais la quantité du sel cristallisé et très-déliquescent que j'ai obtenu a été en réalité très-peu considérable et insuffisante pour une analyse. Le liquide sirupeux décanté des cristaux a refusé de cristalliser même après plusieurs semaines d'exposition dans le vide sec.

J'ai voulu examiner l'action de la chaleur sur le nitrate d'éthylamine : lorsqu'on chauffe le liquide sirupeux et incolore dont je viens de parler, il ne tarde pas à se décomposer en se colorant et en dégageant continuellement du gaz. Une fois bien commencée, la réaction continue d'elle-même sans qu'on ait besoin de chauffer; il arrive même un moment où il est impossible de la maîtriser, et où le liquide fortement coloré qui reste dans la cornue laisse dégager des torrents de gaz mélangés d'une vapeur facilement condensable en brouillards jaunes fort épais. Ce qui reste dans la cornue est une masse brune, qui laisse un résidu de charbon lorsqu'on pousse la distillation jusqu'au bout. Dans le récipient on trouve un liquide aqueux brun, sur lequel nagent quelques gouttelettes huileuses, dont l'odeur est particulière et désagréable. Quant aux gaz, ils sont inflammables et brûlent avec

une flamme jaune et livide qui indique la présence d'un composé azoté.

ACTION DE L'ÉTHYLAMINE SUR LE PROTOCHLORURE DE PLATINE.

L'éthylamine réagit immédiatement sur le protochlorure de platine en donnant lieu à un dégagement considérable de chaleur. On obtient d'abord une combinaison de ces deux corps, correspondant au sel vert de Magnus et qui constitue une poudre chamois, insoluble dans l'eau. La composition de cette substance est représentée par la formule

$$Pt^2\,Cl^3,\ 2\,C^4\,H^7\,Az,$$

comme le font voir les analyses suivantes :

I. $0^{gr},280$ de matière ont donné $0^{gr},1533$ de platine;

II. $0^{gr},469$ de matière ont donné $0^{gr},2325$ d'acide carbonique et $0^{gr},170$ d'eau.

Ces résultats donnent en centièmes :

	Expérience.	Théorie.		
Carbone.....	13,51	C^8	48	13,40
Hydrogène.....	4,02	H^{14}	14	3,90
Platine.....	54,75	Pt	197,2	55,05
Azote.....	//	Az^2	28	7,81
Chlore.....	//	Cl^3	71	19,84
			358,2	100,00

Pour obtenir avec l'éthylamine un sel correspondant aux composés de Reiset, il faut chauffer le composé précédent avec un excès d'éthylamine. Il est bon, pour ne pas perdre d'éthylamine, de faire cette opération dans un matras d'essayeur fermé à la lampe et placé dans un bain-marie. Au bout de quelque temps, la poudre chamois se dissout, quelquefois en entier, d'autres fois en laissant un résidu noir qui détonne lorsqu'on le chauffe et qui correspond probablement au platine fulminant.

La dissolution filtrée et évaporée laisse déposer de magnifiques

cristaux prismatiques incolores, assez solubles dans l'eau, peu solubles dans l'alcool, et qui constituent le chlorhydrate d'une base nouvelle renfermant du carbone, de l'hydrogène, de l'azote et du platine.

J'ai fait de nombreuses analyses de cette belle combinaison sans avoir obtenu des résultats s'accordant parfaitement avec une formule.

Voici quelques-unes de mes analyses :

I. $0^{gr},4195$ de matière ont donné $0^{gr},279$ d'eau et $0^{gr},314$ d'acide carbonique;

II. $0^{gr},373$ de matière ont donné $0^{gr},276$ d'acide carbonique, et $0^{gr},2365$ d'eau;

III. $0^{gr},364$ de matière cristallisée trois fois dans l'alcool absolu ont donné $0^{gr},1465$ de platine;

IV. $0^{gr},241$ de matière ont donné $0^{gr},097$ de platine;

V $0^{gr},350$ de matière ont donné $0^{gr},141$ de platine;

VI. $0^{gr},296$ de matière calcinés au rouge avec de la chaux ont donné $0^{gr},173$ de chlorure d'argent.

Ces résultats donnent en centièmes :

	Expériences.						Théorie.			
	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.				
Carbone	20,2	20,1				//	C^8	— 48	—	19,82
Hydrogène	7,3	7,0	//	//	//	//	H^{16}	— 16	—	6,61
Platine		//	40,2	40,2	40,3		Pt	— 98,6	—	40,72
Chlore						14,4	Cl	— 35,5	—	14,66
Azote	//	//			//	//	A_2^2	— 28	—	11,56
Oxygène	//	//	//			//	O^2	— 16	—	6,63
								242,1		100,00

On voit que ces analyses ont donné un léger excès de carbone et d'hydrogène et pas assez de platine pour bien s'accorder avec la formule

$$\left\{\begin{matrix} C^4\,H^7\,Az \\ C^4\,H^6\,Pt\,Az \end{matrix}\right\} HCl + 2\,HO.$$

Pour dissiper les doutes qui me restaient sur la véritable composition de la base platinée dont j'ai d'abord obtenu l'hydrochlorate, j'ai transformé une partie de ce sel en sulfate. Pour cela je

l'ai décomposé avec du sulfate d'argent, j'ai séparé le chlorure d'argent par le filtre et j'ai obtenu par l'évaporation de la liqueur le sulfate de la base platinée qui formait des cristaux incolores et assez volumineux. Pour les purifier je les ai redissous dans l'eau pure, et j'ai précipité la solution par l'alcool absolu. Le précipité, parfaitement blanc, a été soumis à l'analyse.

I. $0^{gr},4153$ de matière ont donné $0^{gr},3065$ d'acide carbonique et $0^{gr},226$ d'eau;

II. $0^{gr},419$ de matière ont donné $0^{gr},1735$ de platine.

Ces résultats donnent en centièmes :

	Expériences.	Théorie.			
Carbone.....	20,12	C^8	—	48	— 20,22
Hydrogène.....	6,04	H^{13}	—	13	— 5,97
Platine.....	41,40	Pt	—	98,6	— 41,67
Azote.....	//	Az^2	—	28	— 11,83
Acide sulfurique.	//	SHO^4	—	49	— 20,31
				236,6	100,00

Ces résultats s'accordent bien avec la formule

$$\left\{\begin{matrix} C^4 & H^7 & Az \\ C^4 & \left\{\begin{matrix} H^6 \\ Pt \end{matrix}\right. & Az \end{matrix}\right\} SHO^4.$$

D'après cela, on voit que la base platinée, qui se forme avec une si grande facilité par l'action de l'éthylamine sur le protochlorure de platine, correspond réellement à la première des bases de M. Reiset

$$\left\{\begin{matrix} Az & H^3 \\ Az & \left\{\begin{matrix} H^2 \\ Pt \end{matrix}\right. \end{matrix}\right\}.$$

Cette base doit être envisagée comme une base conjuguée renfermant, à l'état de combinaison intime, deux molécules d'ammoniaque, dans lesquelles une molécule d'hydrogène a été remplacée par une molécule de platine. La constitution de la base platinée, dont je viens de décrire deux combinaisons, est

analogue. Elle résulte de l'union intime de deux molécules d'éthylamine, dans lesquelles un équivalent d'hydrogène a été remplacé par un équivalent de platine. Les formules suivantes expriment la constitution d'une série de bases évidemment correspondantes.

$$\left[\begin{matrix}Az & H^3\\ Az\{ & H^2\\ & Pt\}\end{matrix}\right] \qquad \left[\begin{matrix}Az\{ & H^2\\ & C^2H^3\}\\ Az\{ & H\\ & Pt\\ & C^2H^3\}\end{matrix}\right] \quad \text{et} \quad \left[\begin{matrix}Az\{ & H^2\\ & C^4H^5\}\\ Az\{ & H\\ & Pt\\ & C^4H^5\}\end{matrix}\right]$$

1re base de M. Reiset, platinamine. — Base méthylée platinométhylamine. — Base éthylée platinéthylamine.

Nul doute qu'on obtienne également la série suivante :

$$Az\left\{\begin{matrix}H^2\\ Pt\end{matrix}\right\} \qquad Az\left\{\begin{matrix}H\\ Pt\\ C^2H^3\end{matrix}\right\} \qquad \text{et } Az\left\{\begin{matrix}H\\ Pt\\ C^4H^5\end{matrix}\right\}$$

2e base de M. Reiset, platiniaque. — Base méthylée, platino-méthyliaque. — Base éthylée, platinéthyliaque.

Dans ces combinaisons, le platine est évidemment substitué à de l'hydrogène. On conçoit fort bien que cette substitution ne change pas les propriétés du groupe moléculaire $2AzR^3$ dans lequel elle s'effectue. A ce compte-là, l'amidure de potassium $Az\left\{\begin{matrix}H^2\\ K\end{matrix}\right\}$ devrait être une base puissante, et le serait certainement si les affinités puissantes du potassium ne rendaient pas la combinaison si instable. Lorsqu'on vient à remplacer l'hydrogène par un métal moins positif, comme le nickel, le cobalt ou le cuivre, on obtient de véritables bases conjuguées tout à fait analogues aux bases de M. Reiset. L'eau céleste renferme certainement

$$\left\{\begin{matrix}Az & H^3\\ Az\{ & H^2\\ & Cu\}\end{matrix}\right\},$$

c'est-à-dire une base peu stable encore lorsqu'elle est libre, mais qui forme des combinaisons bien définies avec les acides. Le sulfate de cupramine renferme

$$\left\{\begin{matrix}Az & H^3\\ Az\{ & H^2\\ & Cu\}\end{matrix}\right\} SHO^4.$$

OXALATE D'ÉTHYLAMINE.

On prépare ce sel directement en saturant l'éthylamine par l'acide oxalique. En évaporant la solution, on obtient des prismes droits, rhomboïdaux dont les sommets sont modifiés par des facettes.

Ces cristaux ont donné à l'analyse les résultats suivants :

I. $0^{gr},3215$ de matière ont donné $0^{gr},475$ d'acide carbonique et $0^{gr},265$ d'eau ;

II. $0^{gr},338$ de matière ont donné $46^{cc},2$ d'azote à la température de 20° et à la pression de $0^{m}7645$.

Ces nombres donnent en centièmes :

	Expériences.	Théorie.	
Carbone.....	40,28	C^6 — 36 —	40,00
Hydrogène.....	9,01	H^8 — 8 —	8,88
Azote.....	15,58	Az — 14 —	15,55
Oxygène.....	//	O^4 — 32 —	35,57
		90	100,00

et s'accordent avec la formule

$$C^4\,H^7\,Az,\,C^2\,HO^4.$$

Lorsqu'on chauffe l'oxalate d'éthylamine, il se décompose facilement et perd deux équivalents d'eau en se transformant en *éthyloxamide*. L'équation suivante rend compte de cette réaction remarquable par sa netteté.

$$\underbrace{C^6\,H^8\,Az\,O^4}_{\text{Oxalate d'éthylamine.}} = \underbrace{C^5\,H^6\,Az\,O^2}_{\text{Éthyloxamide.}} + H^2\,O^2.$$

Lorsqu'on mélange l'oxalate d'éthylamine avec un excès d'acide oxalique, et qu'on maintient l'oxalate acide en fusion au bain d'huile à la température de 180°, il se forme, comme je m'en suis assuré, une petite quantité d'acide *éthyloxamique*.

ÉTHYLOXAMIDE.

On prépare ce composé très-facilement en faisant réagir l'éthylamine sur l'éther oxalique. Il se forme de l'alcool et il se dépose de l'éthyloxamide, comme le fait voir l'équation suivante :

$$\underbrace{C^4\,H^5\,O,\,C^2\,O^3}_{\text{Éther oxalique.}} + \underbrace{C^4\,H^7\,Az}_{\text{Éthylamine.}} = \underbrace{C^4\,H^6\,O^2}_{\text{Alcool.}} + \underbrace{C^2\,O^2,\,C^4\,H^6\,Az}_{\text{Éthyloxamide.}}.$$

L'éthyloxamide se distingue de l'oxamide par une plus grande solubilité dans l'alcool et dans l'eau. Elle cristallise du premier de ces liquides en belles aiguilles prismatiques. Elle est volatile et se condense en cristaux laugineux à la surface des corps froids. La potasse la dédouble en acide oxalique et éthylamine. L'acide phosphorique anhydre la charbonne.

La composition de l'éthyloxamide se trouve exprimée par la formule

$$C^6\,H^6\,Az\,O^2,$$

qui se déduit de l'analyse suivante :

$0^{gr},2895$ de matière ont donné $0^{gr},529$ d'acide carbonique et $0^{gr},223$ d'eau.

ce qui donne en centièmes :

	Expérience.	Théorie.	
Carbone	49,83	C^6 — 36 —	50,00
Hydrogène	8.55	H^6 — 6 —	8,33
Azote		A_2 — 14 —	19,44
Oxygène		O^4 — 16 —	22,23
		72	100,00

ACÉTATE D'ÉTHYLAMINE.

Lorsqu'on fait arriver des vapeurs d'éthylamine dans un ballon renfermant de l'acide acétique cristallisable et entouré de glace, on obtient une masse cristalline d'une blancheur éclatante et très-

déliquescente, qui constitue l'acétate d'éthylamine. L'acide phosphorique anhydre réagit vivement sur ce sel, qui se charbonne sans donner naissance à un composé correspondant à l'acétonitrile.

ÉTHYLACÉTAMIDE.

L'éther acétique se dissout facilement dans l'éthylamine aqueuse. La solution, évaporée d'abord au bain-marie et puis dans le vide sec, se concentre peu à peu en un liquide sirupeux qui refuse de cristalliser : c'est l'éthylacétamide. Ce corps se distingue de l'acétamide par son état liquide, par sa volatilité; il entre en ébullition vers 200°, et passe à la distillation en n'éprouvant qu'une décomposition insignifiante.

La potasse caustique décompose l'éthylacétamide en éthylamine et acide acétique. L'acide phosphorique anhydre la charbonne. D'après son mode de formation et d'après la manière dont la potasse la décompose, elle doit renfermer

$$C^8\,H^9\,Az\,O^2 = C^4\,H^3\,O^2,\,Az\left\{\begin{matrix} H \\ C^4\,H^5 \end{matrix}\right\}$$

AMYLAMINE.

Cette base se forme, par la réaction de la potasse sur les éthers, amylcyanique et amylcyanurique.

Pour la préparer à l'état de pureté, on décompose le chlorhydrate d'amylamine par la chaux, dans un appareil distillatoire. Pour priver complétement d'eau l'alcali qui s'est condensé dans le récipient, il est bon de le rectifier sur la potasse ou sur la baryte caustiques.

L'amylamine pure est un liquide léger très-fluide, parfaitement incolore; son odeur rappelle à la fois celle de l'ammoniaque et celle des composés amyliques; sa causticité est extrême. A la température de 18° sa densité est de 0,7503; elle bout à 95°. A l'approche d'un corps en combustion elle brûle avec une flamme

éclairante et livide sur les bords et à la fin de la combustion. Exposée à l'air, elle en attire l'acide carbonique, et les parois du vase dans lequel on la conserve se recouvrent d'un enduit cristallin de carbonate d'amylamine.

Elle se mêle à l'eau en toutes proportions. La dissolution ainsi obtenue précipite presque tous les sels métalliques, comme le fait voir le tableau suivant :

RÉACTIONS DE L'AMYLAMINE.

SELS DE	PRÉCIPITÉ	COLORÉ EN	EXCÈS D'AMYLAMINE.
Magnésie	Précipité	Blanc	Insoluble,
Alumine	Précipité floconneux	Blanc	Soluble
Chrome	Précipité	Vert	Insoluble.
Sesquioxyde de fer	Précipité	Jaune-brun	Insoluble.
Urane	Précipité floconneux	Jaune serin	Insoluble
Nickel	Précipité	Vert pomme	Insoluble.
Cobalt	Précipité		Insoluble.
Zinc	Précipité gélatineux.	Blanc	Insoluble.
Manganèse	Précipité	Blanc qui brunit à l'air	Insoluble.
Cuivre	Précipité	Blanc bleuâtre	Soluble, liqueur bleue
Argent	Précipité floconneux qui s'attache aux parois	Brun clair	Soluble dans un grand excès.
Nitrate mercureux	Précipité	Brun-noir	Insoluble.
Chlorure mercurique	Précipité	Blanc	Insoluble.
Acétate de plomb	Pas de précipité		
Nitrate de plomb	Précipité	Blanc	Insoluble.
Cadmium	Précipité	Blanc	Insoluble.
Bismuth	Précipité	Blanc	Insoluble.
Protochlorure d'étain	Précipité	Blanc	Insoluble.
Antimoine	Précipité	Blanc	Insoluble.
Or	Précipité qui s'agglutine et s'attache aux parois	Brun-jaune	Soluble dans un grand excès, surtout si l'on chauffe.
Platine	Précipité épais formé par des paillettes.	Jaune pâle	Soluble dans l'eau chaude.

La composition de l'amylamine se trouve exprimée par la formule

$$C^{10}\,H^{13}\,Az$$

qui se déduit de l'analyse suivante :

0gr,314 de matière ont donné 0gr,7865 d'acide carbonique, et 0gr,423 d'eau

Ces nombres donnent en centièmes :

	Expérience.	Théorie.		
Carbone.....	68,52	C^{10} — 60	—	68,96
Hydrogène....	15,03	H^{13} — 13	—	14,94
Azote.....	//	Az — 14	—	16,10
		87		100,00

CHLORHYDRATE D'AMYLAMINE.

Pour obtenir ce sel, on prend le produit de la distillation du cyanate de potasse et du sulfamylate de potasse, et on le distille avec une solution concentrée de potasse. Les éthers amylcyanique et amylcyanurique, que renferme ce produit distillé, se décomposent en carbonate de potasse et en amylamine ; la décomposition de l'éther amylcyanurique par l'alcali est plus difficile que celle de l'éther amylcyanique et ne se fait bien que lorsque toute l'eau a distillé et que la potasse se trouve à l'état d'hydrate fondu. Quand la réaction est terminée on trouve dans le récipient un liquide fortement alcalin, quelquefois séparé en deux couches et dont il est facile d'extraire l'amylamine en le saturant par l'acide chlorhydrique.

La liqueur filtrée et évaporée au bain-marie fournit un chlorhydrate parfaitement neutre, qu'une nouvelle cristallisation permet d'obtenir sous forme d'écailles blanches, grasses au toucher, assez solubles dans l'eau et solubles dans l'alcool. Ce sel n'est pas déliquescent à l'air.

Il a donné à l'analyse les résultats suivants :

0gr,2695 de matière ont donné 0gr,3685 de chlorure d'argent.

0gr,3715, de matière ont donné 0gr,3845 d'eau, et 0gr,658 d'acide carbonique.

Ces nombres donnent en centièmes :

	Expériences.	Théorie.		
Carbone.....	48,30	C^{10} —	60 —	48,58
Hydrogène.....	11,48	H^{13} —	14 —	11,33
Chlore.....	28,32	Cl —	35,5 —	28,73
Azote..... ..	//	Az —	14 —	11,36
			123,5	100,00

Cette analyse s'accorde parfaitement avec la formule

$$C^{10}\,H^{13}\,Az,\,H\,Cl.$$

J'ai vérifié l'exactitude de cette formule en analysant le sel double qui se précipite lorsque l'on mélange des solutions concentrées de chlorure de platine et d'hydrochlorate d'amylamine. Comme il est assez soluble dans l'eau, il convient d'ajouter un peu d'alcool au mélange. Après avoir recueilli et exprimé le précipité, on le redissout dans l'eau bouillante. Par le refroidissement, il se précipite sous forme de belles paillettes d'un jaune d'or, dont la composition se représente par la formule

$$C^{10}\,H^{13}\,Az,\,H\,Cl,\,Pt\,Cl^{2}$$

qui se déduit des analyses suivantes :

$0^{gr},3405$ de matière ont donné $0^{gr},496$ de chlorure d'argent.

$0^{gr},5075$ de matière ont donné $0^{gr},381$ d'acide carbonique, et $0^{gr},222$ d'eau.

Ces nombres donnent les résultats numériques suivants :

	Expériences.	Théorie.		
Carbone.....	20,47	C^{10} —	60 —	20,47
Hydrogène....	4,85	H^{13} —	14 —	4,77
Azote.....	//	Az —	14 —	4,77
Chlore.....	35,88	Cl^{3} —	106,5 —	36,33
Platine	//	Pt —	98,6 —	33,66
			293,1	100,00

BROMHYDRATE D'AMYLAMINE.

J'ai obtenu ce sel en faisant réagir le brome sur l'amylamine. La réaction donne lieu à des gouttelettes insolubles d'un composé bromé dérivé de l'amylamine par substitution en même temps qu'il se forme du bromhydrate d'amylamine.

Ce sel n'est pas déliquescent; il fond à une température très-élevée en émettant des vapeurs blanches inflammables. Il est très-soluble dans l'eau et dans l'alcool, peu soluble dans l'éther, qui le précipite en paillettes nacrées de sa dissolution alcoolique concentrée.

Lorsqu'on ajoute de l'amylamine à de l'éther oxalique, le mélange s'échauffe beaucoup et se prend en une masse cristalline formée par des aiguilles soyeuses très-fines entrelacées les unes dans les autres. Ces aiguilles fondent à 139°. A une température plus élevée, la matière fondue émet des vapeurs abondantes et finit par se volatiliser sans laisser de résidu. C'est *l'amyloxamide*. Ce corps est insoluble dans l'eau, soluble dans l'alcool bouillant, dont il se dépose presque entièrement par le refroidissement.

J'essayerai de rattacher quelques considérations théoriques aux faits que je viens d'exposer. Parmi les questions que soulève la découverte des ammoniaques composées, une des plus intéressantes est relative à la constitution de ces bases organiques. Comme je l'ai déjà indiqué dans un travail antérieur, on peut les envisager de deux manières différentes, qui se déduisent en quelque sorte des deux hypothèses que l'on a faites sur la constitution des alcools et des éthers.

Si l'on attribue à l'hydrogène bicarboné $C^4 H^4$ la propriété de s'unir intimement à une molécule d'eau pour constituer l'éther ordinaire, rien n'empêche de supposer que cet hydrogène carboné et ses homologues possèdent aussi la propriété de s'unir intimement à une molécule d'ammoniaque.

On conçoit fort bien que la molécule neutre de l'hydrogène carboné, en s'associant intimement, en se conjuguant en quelque sorte avec la molécule d'ammoniaque, ne fasse pas perdre à cette dernière ses propriétés de base énergique. D'après cette manière de voir, la constitution des ammoniaques composées serait exprimée par la formule générale $C^n H^n$, $Az H^3$ et l'on serait amené à assimiler ces combinaisons d'hydrogènes carbonés et d'ammoniaque à celles que l'on désigne sous le nom de combinaisons conjuguées.

Quelques développements dans lesquels nous allons entrer à ce sujet feront voir ce que ce rapprochement peut avoir de fondé.

Les corps qui ont toujours servi de type à la classe, aujourd'hui si nombreuse, des combinaisons conjuguées, sont des composés qui se forment par la réaction d'un grand nombre d'acides sur les substances organiques les plus variées.

L'acide sulfurique, par exemple, en s'associant les éléments d'un hydrogène carboné d'un alcool, donne naissance à un acide conjugué dont les propriétés diffèrent notablement de celles que possédaient les deux substances avant leur combinaison. Un des traits les plus caractéristiques du nouveau composé, c'est son peu de stabilité, c'est la tendance qu'il possède de reformer, sous l'influence de différents réactifs, les deux molécules primitives ou l'un ou l'autre de leurs dérivés. Tout le monde connaît la facilité avec laquelle l'acide sulfovinique régénère l'acide sulfurique et l'alcool.

Si cette condition d'instabilité devait être un caractère essentiel des composés conjugués, il faut l'avouer, les ammoniaques ne mériteraient pas d'être placées au nombre de ces combinaisons; car nous avons eu occasion de faire remarquer la grande stabilité de ces composés, dont la molécule résiste à des agents même très-énergiques, comme le chlore, par exemple, sans se subdiviser. Cette stabilité tend à faire supposer que le mode de combinaison que nous offrent les ammoniaques est bien plus intime que l'affinité qui préside aux combinaisons conjuguées.

D'ailleurs, abstraction faite des propriétés des combinaisons conjuguées, il y a dans leur mode de formation et dans leur constitution certaines particularités que nous ne retrouvons pas dans les ammoniaques. Lorsque deux groupes réagissent l'un sur l'autre, de manière à donner naissance à une combinaison conjuguée, on observe ordinairement qu'il y a formation et élimination d'un troisième corps comme, par exemple, d'une ou plusieurs molécules d'eau; de telle sorte que la composition de la combinaison conjuguée est représentée par celle des deux groupes primitifs, moins l'eau qui a été éliminée. C'est ainsi que l'acide hippurique renferme tous les éléments de l'acide benzoïque, tous ceux du glycocolle, moins de l'eau; que les acides cholique et choléique renferment tous les éléments de l'acide cholalique, ainsi que ceux du glycocolle ou de la taurine, moins de l'eau; que les acides viniques, les éthers et les corps gras, que l'on peut à bon droit ranger au nombre des combinaisons conjuguées, ont une constitution analogue. Si donc on voulait supposer que les bases ammoniacales renferment de l'ammoniaque ordinaire toute formée, un hydrogène carboné tout formé, cette hypothèse éloignerait ces corps des combinaisons conjuguées les mieux caractérisées, auxquelles elle ne peut pas s'appliquer.

Il faut dire, cependant, qu'on a rangé au nombre des combinaisons conjuguées certains corps pour lesquels on ne saurait invoquer la loi de formation et la constitution que nous venons d'indiquer. C'est ainsi que l'acide formobenzoïlique renferme tous les éléments de l'acide formique et de l'hydrure de benzoyle; que parmi les bases, la cyaniline renferme tous les éléments du cyanogène et de l'aniline; que la mélaniline renferme intégralement une molécule d'aniline et une molécule de cyaniline. Sans même chercher nos exemples si loin, nous voyons que dans la platinamine, une des bases de M. Reiset, dans la platino-méthylamine et la platinéthylamine, deux molécules alcalines se sont groupées ensemble sans qu'il y ait eu élimination d'un autre corps, et qu'il s'est formé ainsi des bases complexes, de véritables molécules conjuguées,

dont on peut représenter la composition par les formules suivantes :

$$\underbrace{H^5\,Pt\,Az^2}_{\text{Base de M. Reiset.}} = \left\{\begin{matrix} Az & H^3 \\ Az & \left\{\begin{matrix} H^2 \\ Pt \end{matrix}\right. \end{matrix}\right\}; \qquad \underbrace{C^4\,H^9\,Pt\,Az^2}_{\text{Platino-méthylamine.}} = \left\{\begin{matrix} C^2 & H^5 & Az \\ C^2 & \left\{\begin{matrix} H^3 \\ Pt \end{matrix}\right. & Az \end{matrix}\right.;$$

$$\underbrace{C^8\,H^{13}\,Pt\,Az^2}_{\text{Platine éthylamine.}} = \begin{matrix} C^4 & H^7 & Az \\ C^4 & \left\{\begin{matrix} H^6 \\ Pt \end{matrix}\right. & Az \end{matrix}.$$

Les composés dont nous venons de parler nous offrent, on le voit, un genre de combinaison qui serait précisément celui dans lequel l'ammoniaque ordinaire Az H^3 serait engagée dans les ammoniaques composées. La molécule Az H^3 serait conjuguée avec une molécule C^n H^n sans qu'il y ait eu élimination d'un autre corps.

Telle n'est cependant pas la manière de voir à laquelle nous donnons la préférence. Il est plus simple et plus conforme à l'état actuel de la science de considérer les bases ammoniacales comme de l'ammoniaque ordinaire, dans laquelle une molécule d'hydrogène a été remplacée par un hydrogène carboné de la formule C^nH^{n+1}. Les arguments que l'on peut invoquer en faveur de cette seconde hypothèse sont au nombre de trois. Elle paraît appuyée d'abord par la découverte de M. Hofmann, qui a trouvé que les bases ammoniacales se formaient par l'action réciproque de l'ammoniaque et des éthers bromhydriques. Si l'on adopte la théorie des radicaux alcooliques, ce fait reçoit une explication simple et satisfaisante. En effet, la réaction est déterminée par la grande affinité du brome pour l'hydrogène; la molécule d'hydrogène qui est ainsi éliminée est remplacée par le radical alcoolique devenu libre, et il se forme la nouvelle base ammoniacale qui se combine à l'acide bromhydrique.

Un second argument qui a déjà été invoqué en faveur de l'existence des radicaux alcooliques dans les bases ammoniacales, c'est l'impossibilité de former avec ces corps des composés correspondant aux nitriles. Dans ses belles recherches sur l'aniline, qui est en définitive une base ammoniacale analogue à l'éthylamine,

M. Hofmann a prouvé que l'acide phosphorique anhydre, en réagissant sur certains sels d'aniline, donne lieu à une décomposition profonde; que la matière se charbonne, et qu'il est impossible d'obtenir un produit dérivant du sel d'aniline par l'élimination de quatre équivalents d'eau. Il en a conclu que l'aniline et les bases ammoniacales ne renferment plus d'ammoniaque toute formée, mais qu'un des équivalents d'hydrogène de la base se trouve remplacé par un radical alcoolique, de telle sorte qu'on ne trouve plus dans le sel qu'on soumet à l'action de l'acide phosphorique anhydre les quatre équivalents d'hydrogène existant dans AzH^3, HO et nécessaires à la formation de quatre molécules d'eau.

Mes expériences sur l'acétate d'éthylamine, l'éthylacétamide, l'éthyloxamide et la méthyloxamide, qui se charbonnent sous l'influence de l'acide phosphorique anhydre, confirment en tout point celles de M. Hofmann. Néanmoins, je n'attache pas une grande valeur aux conclusions que l'on peut déduire de ces expériences négatives, relativement à la constitution des bases organiques volatiles. Tous les chimistes qui ont préparé des nitriles par le procédé si élégant indiqué par MM. Dumas, Malaguti et Leblanc, savent combien cette opération est délicate, avec quelle facilité les sels ammoniacaux se charbonnent sous l'influence d'un excès d'acide phosphorique, et ne fournissent en définitive qu'une quantité peu considérable du nitrile correspondant.

Faut-il s'étonner dès lors si des sels moins simples dans leur constitution que les sels ammoniacaux ont une tendance plus grande encore à se décomposer complétement, à se charbonner sous l'influence de l'acide phosphorique anhydre ? l'hydrogène carboné conjugué avec l'ammoniaque doit nécessairement rendre la réaction plus compliquée, et il serait difficile de supposer que sous l'influence du plus énergique de tous les réactifs il n'éprouvât aucune espèce de décomposition.

Ces considérations sont, je le crains, de nature à atténuer un peu la valeur que l'on doit attribuer au second argument que nous venons de discuter.

Voici maintenant un autre argument en faveur de l'existence des groupes alcooliques dans la molécule même des bases ammoniacales.

Il y a une substance neutre, le furfurol, sur laquelle l'ammoniaque réagit avec la plus grande facilité. Si l'on exprime la composition du furfurol par la formule

$$C^{30}\,H^{12}\,O^{12},$$

deux molécules d'ammoniaque $Az^2\,H^6$ interviennent dans la réaction, six molécules d'eau sont éliminées et il se forme de la furfuramide

$$C^{12}\,H^{13}\,Az^2\,O^6.$$

Si, comme il est permis de le supposer, cette formation d'eau provient d'une véritable réduction des six molécules d'hydrogène de l'ammoniaque par six molécules d'oxygène du furfurol, il est clair qu'une base ammoniacale dont deux équivalents ne renfermeraient plus six équivalents d'hydrogène basique [1], mais seulement quatre, ne pourrait plus donner lieu à l'élimination de six molécules d'eau, et que par conséquent le composé correspondant à la furfuramide ne pourrait plus se former : c'est en effet ce qui arrive. Les expériences que j'ai entreprises pour former par l'action de l'éthylamine et de la méthylamine sur le furfurol des substances correspondant à la furfuramide ont complétement échoué. L'huile se dissout dans la base ammoniacale, mais sans qu'il y ait réaction à froid, et si l'on chauffe, le liquide noircit et il se sépare une matière noire et résineuse qui ne renferme que des traces d'azote. Il doit en être ainsi si les bases ammoniacales renferment des groupes alcooliques substitués à l'hydrogène; car, dans ce cas, deux équivalents d'éthylamine, par exemple

$$Az\left\{\begin{matrix} H \\ H \\ C^4\,H^5 \end{matrix}\right\} + Az\left\{\begin{matrix} H \\ H \\ C^4\,H^5 \end{matrix}\right\}$$

[1] J'entends par hydrogène basique, les trois équivalents d'hydrogène de la molécule d'ammoniaque primitive

$$Az\,H^3$$

qui ne renferment en tout que quatre équivalents d'hydrogène basique, ne peuvent, en réagissant sur le furfurol, donner naissance à six molécules d'eau.

Les développements dans lesquels je viens d'entrer suffisent pour faire juger l'état de la question. Tout bien considéré, je donne la préférence à l'hypothèse qui admet dans les bases ammoniacales l'existence des groupes alcooliques substitués à l'hydrogène; j'ajoute cependant que je suis loin de considérer les arguments sur lesquels j'appuie cette hypothèse comme possédant le caractère de propositions rigoureusement démontrées. Si je fais cette restriction, si j'exprime ce doute à la fin de cette discussion, trop longue peut-être, c'est que je suis persuadé qu'il n'y a rien d'absolu en fait de théories chimiques, que nos hypothèses sont sujettes à caution, et que seuls les faits restent, pourvu qu'ils soient bien observés.

Quelle que soit l'hypothèse que l'on adopte sur la constitution des bases ammoniacales, je pense que l'on peut admettre, sans aucune hésitation, que ces bases sont homologues entre elles, et, si l'on veut, homologues avec l'ammoniaque. En effet, dans la série de ces bases, chaque terme diffère du terme précédent par les éléments $C^2 H^2$, et de plus, il existe entre les propriétés de tous ces composés une analogie non moins frappante que celle que l'on observe entre les différents termes de la série homologue la mieux définie. La série des bases $C^n H^{n+3}$ est évidemment une série aussi bien caractérisée que la série des acides $C^n H^n O^4$. Or la manière dont se forme la série des bases homologues se trouve expliquée par leur constitution même. En partant de l'ammoniaque on fait une série de corps homologues en remplaçant successivement une molécule d'hydrogène de la combinaison primitive $Az H^3$ par chacun des termes de la série ascendante $C^n H^{n+1}$. Voilà en quelque sorte le mécanisme de la formation de la série homologue. On peut se demander si toutes les séries homologues se forment de la même manière, si en particulier la série des acides gras $C^n H^n O^4$ se forme par la substitution d'un terme $C^n H^{n+1}$ à

un équivalent d'hydrogène. Cette hypothèse a déjà été émise depuis longtemps par M. Kolbe, en ce qui touche les acides gras à quatre équivalents d'oxygène. Ce chimiste distingué admet que ces acides renferment une molécule d'acide oxalique intimement unie à un terme $C^n H^{n+1}$. Le tableau suivant donne une idée nette de l'hypothèse de M. Kolbe.

$C^2 H^2 O^4 = C^2 O^3, H, \quad HO =$ acide formique.
$C^4 H^4 O^4 = C^2 O^3, C^2 H^3, HO =$ acide acétique.
$C^6 H^6 O^4 = C^2 O^3, C^4 H^5, HO =$ acide métacétique.
$C^8 H^8 O^4 = C^2 O^3, C^6 H^7, HO =$ acide butyrique, etc.

On pourrait objecter à M. Kolbe que l'acide oxalique est probablement un acide bibasique, comme M. Gerhardt l'admet depuis longtemps; mais il serait facile de mettre cette théorie d'accord avec les faits en l'énonçant sous une forme un peu différente. On pourrait dire que les acides gras dérivent tous de l'acide formique CHO^3, HO par la substitution d'un terme $C^n H^{n+1}$ à l'équivalent d'hydrogène non capable d'être remplacé par un métal et faisant partie de la molécule de l'acide lui-même. A mon avis, l'hypothèse de M. Kolbe mérite une attention sérieuse, car elle se trouve appuyée par un certain nombre de faits. Ces faits sont : 1° la séparation des groupes $C^n H^{n+1}$ ou de leurs polymères $2C^n H^{n+1}$ dans l'électrolyse des acides volatils à quatre équivalents d'oxygène; 2° la formation des nitriles par l'action de l'acide phosphorique anhydre sur les sels ammoniacaux de ces acides. Les nitriles ou les éthers cyanhydriques renferment précisément le groupe $C^n H^{n+1}$ que la théorie indique dans l'acide qui les a fournis; 3° la décomposition de ces mêmes nitriles sous l'influence de la potasse, comme le fait voir la formule suivante :

$$\begin{array}{l} C^2\ Az,\ C^n H^{n+1} \\ O^3 H^2 + HO \\ C^2 O^3,\ C^n H^{n+1},\ HO + Az H^3. \end{array}$$

Acide gras à 4 équivalents d'oxygène.

On le voit, si les bases ammoniacales se forment par la substi-

tution d'un groupe $C^n H^{n+1}$ à un équivalent d'hydrogène, il y a quelques raisons de croire que les acides volatils à quatre équivalents d'oxygène se forment de la même manière par la substitution d'un groupe $C^n H^{n+1}$ à un équivalent d'hydrogène de l'acide formique.

Dire maintenant que tous les corps homologues se forment de la même manière, ce serait évidemment aller au-devant des faits. Néanmoins, je crois qu'on resterait dans le vrai en retournant la proposition et en disant : Que toutes les fois que dans un groupe moléculaire on remplace un équivalent d'hydrogène faisant partie de la molécule elle-même par un groupe $C^n H^{n+1}$ on fait un corps homologue; on fait *un éther* ou *un acide vinique* lorsque l'on remplace l'hydrogène qui se trouve en dehors de la molécule.

La définition que M. Gerhardt a donnée des combinaisons homologues s'applique non-seulement à la série des bases ammoniacales, mais à tous leurs dérivés. Je prends des exemples : l'éthyloxamide est un homologue de la méthyloxamide; l'éthylacétamide est évidemment un homologue de la méthylacétamide : est-elle aussi un homologue de l'acétamide et de la butyramide? C'est plus douteux; mais je crois qu'on peut encore le soutenir, car il est évident que les formules de tous ces composés ne diffèrent que par $C^n H^n$, et que de plus, dans certaines réactions, je dirai même dans les réactions fondamentales, par exemple sous l'influence de la potasse, ils fournissent des produits de dédoublement homologues entre eux. J'ajoute qu'il est probable que dans d'autres réactions on n'observerait plus cette homologie. Mais quelle est donc la série où cette seconde condition, l'homologie entre les produits de dédoublement, se réalise pour *toutes* les réactions?

Si ces idées sont justes, on arrive à cette conséquence qu'un corps donné peut avoir deux homologues au même degré. C'est ainsi que l'éthylacétamide et la butyramide sont homologues au même degré de l'acétamide, comme le fait voir le tableau suivant :

$$\underbrace{C^4\,H^3\,O^2,\,Az\,H^2}_{\text{Acetamide.}} = \underbrace{C^4\,H^5\,O^2,\,Az\,H^2}_{\text{Acétamide.}}$$

$$\underbrace{C^6\,H^5\,O^2,\,Az\,H^2}_{\text{Propylamide.}} = \underbrace{C^4\,H^3\,O^2,\,Az\,H^4\,C^2}_{\text{Méthylacétamide.}}$$

$$\underbrace{C^8\,H^7\,O^2,\,Az\,H^2}_{\text{Butyramide}} = \underbrace{C^4\,H^3\,O^2,\,Az\,H^6\,C^4}_{\text{Éthylacétamide.}}$$

Je pourrais citer un autre exemple de cette homologie en choisissant des combinaisons éthérées homologues entre elles :

$$\underbrace{C^2\,H\,O^4,\,C^2\,H^3}_{\text{Éther methyl-formique.}} = \underbrace{C^2\,H\,O^4,\,C^2\,H^5}_{\text{Éther méthyl-formique}}$$

$$\underbrace{C^2\,H\,O^4,\,C^4\,H^5}_{\text{Éther formique.}} = \underbrace{C^4\,H^5\,O^4,\,C^2\,H^3}_{\text{Éther méthyl-acétique.}}$$

$$\underbrace{C^2\,H\,O^4,\,C^{10}\,H^{11}}_{\text{Éther amyl-formique.}} = \underbrace{C^{10}\,H^9\,O^4,\,C^2\,H^3}_{\text{Éther méthyl-valérique.}}$$

Il nous reste une dernière question à discuter : elle a trait aux conséquences théoriques que l'on peut déduire de faits consignés dans ce Mémoire relativement à la constitution des bases organiques en général.

Les chimistes savent que la présence constante de l'azote dans les alcaloïdes naturels a fait supposer depuis longtemps que ces composés ne devaient leurs propriétés alcalines qu'à l'existence de l'ammoniaque toute formée et intimement combinée à leurs autres éléments. M. Berzélius a émis depuis longtemps l'hypothèse que les alcaloïdes n'étaient en quelque sorte que des combinaisons conjuguées d'ammoniaque. M. Liebig, de son côté, a soutenu que les alcaloïdes ne renfermaient pas de l'ammoniaque toute formée, mais qu'ils contenaient l'azote sous forme d'amidogène. On le voit, depuis longtemps on avait appliqué à la classe entière des alcaloïdes les hypothèses que nous avons indiquées en discutant la constitution des bases ammoniacales.

Je crois que le moment n'est pas encore venu de poser dans toute sa généralité la question de la constitution des bases orga-

niques. Pour nous renfermer dans les limites que nous tracent les faits observés, il convient de laisser pour le moment les alcaloïdes oxygénés en dehors de la discussion. Quant aux alcaloïdes volatils et non oxygénés, d'un côté, les faits rapportés dans ce Mémoire, et de l'autre les recherches récentes de M. Hofmann sur l'aniline nous autorisent à penser que la constitution de ces alcaloïdes est analogue à celle des bases ammoniacales, qu'en un mot, ces composés sont de véritables ammoniaques. Il suffira de jeter les yeux sur le tableau suivant pour saisir les rapports qui peuvent exister entre la composition de toutes ces bases :

Ammoniaque.....	$Az\,H^3$	$=$	$Az\left\{\begin{matrix}H^2\\H\end{matrix}\right\}$	
Méthylamine.....	$C^2\,H^5\,Az$	$=$	$Az\left\{\begin{matrix}H^2\\C^2\,H^3\end{matrix}\right\}$	$=Az\,H^3\,(C^2\,H^2)$.
Éthylamine.....	$C^4\,H^7\,Az$	$=$	$Az\left\{\begin{matrix}H^2\\C^4\,H^5\end{matrix}\right\}$	$=Az\,H^3\,(C^4\,H^4)$.
.....				
Butylamine ou pétinine....	$C^8\,H^{11}\,Az$	$=$	$Az\left\{\begin{matrix}H^2\\C^8\,H^9\end{matrix}\right\}$	$=Az\,H^3\,(C^8\,H^8)$.
Amylamine.....	$C^{10}\,H^{13}\,Az$	$=$	$Az\left\{\begin{matrix}H^2\\C^{10}\,H^{11}\end{matrix}\right\}$	$=Az\,H^3\,(C^{10}\,H^{10})$.
Nicotine ?.....	$C^{10}\,H^7\,Az$?	$=$	$Az\left\{\begin{matrix}H^2\\C^{10}\,H^5\end{matrix}\right\}$	$=Az\,H^3\,(C^{10}\,H^8)$.
Aniline.....	$C^{12}\,H^7\,Az$	$=$	$Az\left\{\begin{matrix}H^2\\C^{12}\,H^5\end{matrix}\right\}$	$=Az\,H^3\,(C^{12}\,H^6)$.
Picoline.....	$C^{12}\,H^7\,Az$	$=$	$Az\left\{\begin{matrix}H^2\\C^{12}\,H^5\end{matrix}\right\}$	$=Az\,H^3\,(C^{12}\,H^6)$.
Toluidine.....	$C^{14}\,H^9\,Az$	$=$	$Az\left\{\begin{matrix}H^2\\C^{14}\,H^7\end{matrix}\right\}$	$=Az\,H^3\,(C^{14}\,H^8)$.
Conicine.....	$C^{16}\,H^{15}\,Az$	$=$	$Az\left\{\begin{matrix}H^2\\C^{16}\,H^{13}\end{matrix}\right\}$	$=Az\,H^3\,(C^{16}\,H^{12})$.
Cumidine.....	$C^{18}\,H^{13}\,Az$	$=$	$Az\left\{\begin{matrix}H^2\\C^{18}\,H^{11}\end{matrix}\right\}$	$=Az\,H^3\,(C^{18}\,H^{10})$.
Leucole.....	$C^{18}\,H^7\,Az$	$=$	$Az\left\{\begin{matrix}H^2\\C^{18}\,H^5\end{matrix}\right\}$	$=Az\,H^3\,(C^{18}\,H^8)$.

J'ajoute en terminant qu'il n'est pas impossible que quelques-unes des bases oxygénées aient une constitution analogue à celle

des bases volatiles. Je prendrai pour exemple les urées. La composition de ces corps peut, en effet, être exprimée par la formule générale suivante,

$$2\left[\mathrm{Az}\left\{\begin{matrix}\mathrm{H}\\ \mathrm{H}\\ \mathrm{C\ O}\end{matrix}\right\}\right]$$

dans laquelle un ou plusieurs équivalents d'hydrogène peuvent être remplacés par le terme $C^n H^{n+1}$, comme je le ferai voir dans un prochain Mémoire.

CONCLUSIONS [1].

1° Il existe une série d'alcalis organiques qui ont, avec l'ammoniaque, des rapports de composition identiques avec ceux que l'on remarque entre les différents termes de la série des acides gras et l'acide formique. Cette série de bases dérive des alcools correspondants comme la série des acides;

2° La série des ammoniaques se compose aujourd'hui de cinq termes, savoir :

L'ammoniaque	H^3 Az.
La méthylamine, ou la méthylammoniaque	C^2 H^5 Az.
L'éthylamine, ou l'éthylammoniaque	C^4 H^7 Az.
.....	
La butylamine, ou la butylammoniaque (pétinine découverte par M. Anderson)	C^8 H^{11} Az.
L'amylamine, ou l'amylammoniaque	C^{10} H^{13} Az.

3° Il existe une analogie des plus remarquables entre les propriétés de tous ces alcalis artificiels et les caractères de l'ammoniaque elle-même ;

4° La constitution des alcaloïdes volatils a des rapports intimes avec la constitution des ammoniaques;

5° Les faits qui sont consignés dans ce Mémoire autorisent à

[1] A l'époque où ces conclusions ont été lues à l'Académie des Sciences (14 août 1849), on ne connaissait pas encore la propylamine, découverte depuis par MM. Wertheim et Anderson, et qui forme le quatrième terme de la série.

penser que l'on pourra former, avec les bases ammoniacales dérivées des alcools, la plupart des combinaisons que l'on obtient aujourd'hui avec l'ammoniaque. Ces combinaisons sont fort nombreuses, comme on sait. On peut dire qu'après l'eau, l'ammoniaque donne naissance aux composés les plus variés et les plus importants. Il en résulte qu'en répétant avec les quatre ammoniaques toutes les expériences que l'on a faites avec l'ammoniaque ordinaire, on pourra augmenter dans une proportion très-notable le nombre des combinaisons azotées que l'on connaît aujourd'hui.

Si l'on considère que chaque jour apporte à la science un nouveau tribut de découvertes, on peut craindre que cette abondance de matériaux, au lieu d'être un élément de progrès, constitue plutôt un embarras et peut-être une entrave. Je ne pense pas, cependant, que cette crainte soit fondée en ce qui touche les combinaisons que l'on pourra obtenir avec les ammoniaques; car chacun de ces nouveaux corps aura sa place toute marquée à l'avance, et viendra se ranger à côté de la combinaison ammoniacale correspondante. Il est possible même qu'à mesure que le cadre, que dès à présent on peut se tracer, viendra à se remplir, on rencontrera, parmi les termes de ces séries nouvelles, quelques substances déjà connues aujourd'hui, mais qui se trouvent isolées, et qu'il est impossible de rattacher à des groupes bien déterminés de corps analogues. J'ai l'intention de m'occuper de la préparation de quelques-unes de ces séries ammoniacales. Si dans le cours de ce travail je pouvais observer quelques faits dignes d'intérêt, je me ferais un devoir et un honneur de les exposer à l'Académie.

FIN DU TOME ONZIÈME.